ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р ИСО 10849— 2023

ВЫБРОСЫ СТАЦИОНАРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Определение массовой концентрации оксидов азота. Характеристики автоматических измерительных систем

(ISO 10849:2022, IDT)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2023

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Акционерным обществом «Научно-исследовательский институт охраны атмосферного воздуха» (АО «НИИ Атмосфера») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 457 «Качество воздуха»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 августа 2023 г. № 751-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО 10849:2022 «Выбросы стационарных источников. Определение массовой концентрации оксидов азота. Характеристики автоматических измерительных систем» (ISO 10849:2022 «Stationary source emissions — Determination of the mass concentration of nitrogen oxides in flue gas — Performance characteristics of automated measuring systems», IDT).

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им национальные стандарты, сведения о которых приведены в дополнительном приложении ДА

5 ВЗАМЕН ГОСТ Р ИСО 10849—2006

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© ISO, 2022
© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2023

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 1
4 Обозначения и сокращенные термины 4
5 Основные принципы 4
6 Описание автоматизированных измерительных систем 5
7 Эксплуатационные характеристики и нормативные требования 5
8 Выбор процедуры измерения 6
9 Обеспечение качества и процедуры контроля качества 8
10 Протокол испытаний 9
Приложение A (обязательное) Экстрактивные системы измерения NO, NO_2 или NO_x 10
Приложение B (обязательное) Система измерения *in situ* NO и NO_2 16
Приложение C (обязательное) Конвертер NO_2-NO 19
Приложение D (справочное) Рабочие газы 21
Приложение E (справочное) Процедуры определения эксплуатационных характеристик 22
Приложение F (справочное) Примеры характеристик автоматических измерительных систем (АИС) для оценки NO_x 28
Приложение G (справочное) Расчет неопределенности измерения NO, NO_2 или NO_x 32
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам 37
Библиография 38

Введение

Оксиды азота образуются в большинстве процессов горения. При сжигании твердого топлива в результате окисления азота, входящего в состав топлива, а также при окислении азота воздуха, используемого в процессе горения. Количество образующихся оксидов азота зависит от содержания азота в топливе, конструкции стационарного источника выбросов и режимов горения.

Оксиды азота, содержащиеся в отходящих газах стандартных процессов горения, состоят приблизительно на 95 % из монооксида азота (NO). Оставшийся оксид представляет собой преимущественно диоксид азота (NO_2), образующийся в результате окисления NO при снижении температуры газа в газоходе. Эти два оксида (NO + NO_2) обычно обозначаются как NO_x. Следует отметить, что в отходящих газах некоторых процессов присутствуют другие оксиды азота, что изменяет отношение NO к NO_2.

Содержание оксидов азота в отходящих газах установок для сжигания определяют разными химическими/аналитическими, а также инструментальными методами.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ВЫБРОСЫ СТАЦИОНАРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Определение массовой концентрации оксидов азота. Характеристики автоматических измерительных систем

Stationary source emissions. Determination of the mass concentration of nitrogen oxides in flue gas. Performance characteristics of automated measuring systems

Дата введения — 2024—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает требования к основным эксплуатационным характеристикам автоматических измерительных систем оксидов азота (NO_x) в отходящих газах стационарных источников.

Метод позволяет проводить непрерывный мониторинг с помощью стационарно установленных систем измерения выбросов NO_x.

Настоящий стандарт содержит описание экстрактивных систем и *in situ* (неэкстрактивных) систем, включающих газоанализаторы, принцип действия которых основан на одном из следующих методов:

- хемилюминесценции (ХЛ);
- недисперсионной инфракрасной спектроскопии (НДИК);
- ИК-спектроскопии с преобразованием Фурье (ИКПФ);
- недисперсионной УФ-спектроскопии (НДУФ);
- дифференциальной оптической абсорбционной спектроскопии (ДОАС).

Допускается использование эквивалентных инструментальных методов, таких как методы лазерной спектроскопии, при условии, что они соответствуют минимальным требованиям, изложенным в настоящем стандарте. Измерительная система может быть проверена с использованием сертифицированных стандартных образцов газовых смесей в соответствии с настоящим стандартом или аналогичными методами.

Примеры характеристик автоматических измерительных систем (АИС), основанные на вышеуказанных принципах, приведены в приложении F.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты [для датированных ссылок применяют только указанное издание ссылочного стандарта, для недатированных — последнее издание (включая все изменения)]:

ISO 9169, Air quality — Definition and determination of performance characteristics of an automatic measuring system (Качество воздуха. Терминология и определение рабочих характеристик автоматических измерительных систем)

ISO 14956, Air quality — Evaluation of the suitability of a measurement procedure by comparison with a required measurement uncertainty (Качество воздуха. Оценка пригодности методики измерения путем сравнения с требуемой неопределенностью измерения)

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями.

Издание официальное

ИСО и МЭК ведут терминологические базы данных для использования в стандартизации по следующим адресам:

- платформа онлайн-просмотра ИСО: доступна на gost.e-ecolog.ru ;
- Электропедия МЭК: доступна на gost.e-ecolog.ru .

3.1 **газоанализатор** (analyser): Аналитический блок *автоматической измерительной системы* (3.2) для анализа отходящего газа.

[ИСТОЧНИК: ИСО 12039:2019, 3.1]

3.2 **автоматическая измерительная система;** АИС (automated measuring system, AMS): Измерительная система, которая в автономном режиме при контакте с исследуемым отходящим газом возвращает выходной сигнал, пропорциональный физической единице *измеряемой величины* (3.9).

[ИСТОЧНИК: ИСО 9169:2006, 2.1.2, модифицировано — примечание удалено]

Примечание 1 — В настоящем стандарте АИС — это система, которая может быть установлена на газоходе или дымовой трубе для непрерывного или периодического измерения массовой концентрации NO, NO_2 или NO_x.

3.3 ***in situ* АИС** (*in situ* AMS): Неэкстрактивные системы без отбора проб отходящего газа, которые измеряют концентрацию непосредственно в газоходе или дымовой трубе.

Примечание 1 — Системы измерения без отбора проб измеряют концентрацию либо в поперечном сечении трубы или газохода, либо в точке внутри газохода или трубы.

3.4 **параллельные измерения** (parallel measurements): Измерения, выполненные в одном и том же газоходе в одной и той же плоскости отбора проб за тот же период времени с помощью тестируемого АИС и *референтным методом* (3.14) в точках, расположенных на небольшом расстоянии друг от друга, с получением пар измеренных значений.

Примечание 1 — См. 3.21.

3.5 **отдельный отклик** (independent reading): Показание, полученное через интервал времени, соответствующий не менее чем четырем временам отклика.

3.6 **мешающее влияние; перекрестная чувствительность** (interference cross-sensitivity): Отрицательное или положительное влияние на отклик измерительной системы из-за того, что компонент пробы не является измеряемой величиной.

3.7 **мешающее влияние; мешающее вещество** (interferent, interfering substance): Вещество, присутствующее в исследуемом отходящем газе, содержание которого не является *измеряемой величиной* (3.9), но которое влияет на выходной сигнал *АИС* (3.2).

3.8 **несоответствие** (lack-of-fit): Систематическое отклонение в пределах диапазона калибровки между результатами измерений, рассчитанными по калибровочной функции, построенной с применением сертифицированных стандартных образцов, и соответствующими аттестованными значениями этих стандартных образцов.

Примечание 1 — Несоответствие может зависеть от результата измерения.

Примечание 2 — Выражение «несоответствие» часто заменяется в повседневном языке для линейных отношений на «линейность» или «отклонение от линейности».

[ИСТОЧНИК: ИСО 9169:2006, 2.2.9, модифицировано — примечание 2 удалено]

3.9 **измеряемая величина** (measurand): Величина, подлежащая измерению.

[ИСТОЧНИК: Руководство ИСО/МЭК 98-3:2008, B.2.9, модифицировано — пример и примечание удалены]

3.10 **эффективность конвертера NO_2/NO** (NO_2/NO converter efficiency): Эффективность, с которой преобразовательный блок анализатора NO_x восстанавливает NO_2 до NO.

3.11 **эксплуатационные характеристики** (performance characteristic): Технические характеристики оборудования, определяющие качество его работы.

Примечание 1 — Эксплуатационные характеристики могут быть описаны значениями, допусками или диапазонами.

3.12 **период автономной работы** (period of unattended operation): Максимальный интервал времени, в течение которого эксплуатационные характеристики остаются в заданном диапазоне без внешнего обслуживания, например заправка, регулировка.

[ИСТОЧНИК: ИСО 9169:2006, 2.2.11]

Примечание 1 — Период автономной работы часто называют интервалом технического обслуживания.

3.13 **аттестованный стандартный образец, сертифицированный стандартный образец** (reference material): Стандартный образец с сопроводительной документацией, выданной авторитетным органом, в которой указано одно или более значений определенного свойства с соответствующими показателями точности (неопределенностями) измерений и прослеживаемостью, которые установлены с использованием обоснованных процедур.

Примечание 1 — Обычно используются калибровочные газовые смеси в баллонах под давлением, дифракционные решетки или оптические фильтры.

[ИСТОЧНИК: ИСО 14385-1:2014, 3.20]

3.14 **референтная методика измерений** (reference method): Методика измерений, принятая для получения результатов измерений, которые могут быть использованы для оценки правильности измеренных значений величины, полученных по другим методикам измерений величин того же рода, а также для калибровки или для определения характеристик стандартных образцов.

Примечание — См. 3.4.

3.15 **время транспортирования пробы в измерительной системе** (transport time in the measuring system): Период времени для транспортирования пробы отбираемого газа от пробоотборного зонда до входа аналитического блока экстрактивной АИС.

3.16 **время отклика (при скачкообразном воздействии)** (response time): Интервал времени от момента, когда значение величины на входе средства измерений или измерительной системы скачкообразно изменяется до определенного уровня (значения), до момента, когда соответствующее показание средства измерений или измерительной системы достигает установившегося конечного значения и остается в заданных пределах.

[ИСТОЧНИК: ИСО 9169:2006, 2.2.4]

Примечание 1 — Время задержки, время нарастания и время спада определены в ИСО 9169:2006.

3.17 **газ для контрольной точки** (span gas): Газ или газовая смесь, используемые для настройки и проверки отклика измерительной системы.

Примечание 1 — Контрольную точку выбирают в диапазоне от 70 % до 90 % от полной шкалы.

3.18 **контрольная точка диапазона** (span point): Значение выходной величины (измеренного сигнала) автоматической измерительной системы, представляющее собой правильное измеренное значение, полученное с помощью сертифицированного стандартного образца, служащее для проверки настройки, калибровки и т. д.

3.19 **стандартная неопределенность (измерений)** (standard uncertainty): Неопределенность измерений, выраженная в виде стандартного отклонения.

[ИСТОЧНИК: Руководство ИСО/МЭК 98-3:2008, 2.3.1]

3.20 **неопределенность (измерения)** [uncertainty (of measurement)]: Неотрицательный параметр, характеризующий рассеяние значений величины, приписываемых измеряемой величине на основании измерительной информации.

[ИСТОЧНИК: Руководство ИСО/МЭК 98-3:2008, 2.2.3, модифицировано — примечания 1, 2 и 3 удалены]

3.21 **валидация автоматической измерительной системы** (validation of an automated measuring system): Процедура проверки статистической взаимосвязи между значениями измеряемой величины, показанными автоматической измерительной системой, и соответствующими значениями, полученными с помощью независимого референтного метода измерения, реализованного одновременно в той же точке измерения или отбора проб.

3.22 **нулевой газ** (zero gas): Газ или смесь газов, используемый(ая) для настройки *нулевой точки* (3.23) на графике калибровочной характеристики в пределах заданного диапазона концентрации.

[ИСТОЧНИК: ИСО 12039:2019, 3.20]

3.23 **нулевая точка** (zero point): Заданное значение выходной величины (измеренного сигнала) АИС, которое в отсутствие измеряемой величины представляет собой пересечение нуля на графике калибровочной характеристики.

4 Обозначения и сокращенные термины

e_i — параметр, характеризующий несоответствие для i-й точки диапазона, равный разности между показаниями АИС и значениями АИС, рассчитанными по калибровочной функции;

K коэффициент охвата;

N — количество измерений;

s_r — стандартное отклонение повторяемости;

$u(\gamma_x)$ — суммарная неопределенность массовой концентрации x (где x — NO или NO_2);

$U(\gamma_x)$ — расширенная неопределенность массовой концентрации x (где x — NO или NO_2);

M_x — молярная масса компонента x (где x — NO или NO_2, г/моль);

V_M — молярный объем (22,4 дм^3/моль при стандартных условиях, 273,15 К; 101,325 кПа);

φ_x — объемная доля компонента x (где x — NO или NO_2, %);

γ_x — массовая концентрация компонента x (где x — NO или NO_2) при стандартных условиях (273,15 К; 101,325 кПа), мг/м^3;

γ_R — массовая концентрация NO или NO_2 при стандартных условиях (273,15 К; 101,325 кПа; с поправкой на содержание H_2O), мг/м^3;

$\overline{x}$ — среднее значение измеренных значений x_i;

x_i — измеренное значение i;

$\overline{x}_i$ — среднее значение измеренного значения на уровне i;

$\hat{x}_i$ — значение, оцениваемое линией регрессии на уровне i;

АИС — автоматическая измерительная система;

ИКПФ — ИК-спектроскопия с преобразованием Фурье;

НДИК — недисперсионная ИК-спектроскопия;

НДУФ — недисперсионная УФ-спектроскопия;

ДОАС — дифференциальная оптическая абсорбционная спектроскопия;

ОК — оценка качества;

КК — контроль качества.

5 Основные принципы

Настоящий стандарт устанавливает требования к автоматическим измерительным системам с отбором проб (экстрактивным), ее подготовкой и без отбора проб (системы *in situ*) и определения содержания NO и NO_2 или NO_x в отходящих газах с использованием инструментальных методов (газоанализаторов).

Существует два типа автоматических измерительных систем:

- экстрактивные системы;
- системы *in situ*.

В экстрактивных системах представительная проба отходящего газа отбирается из газохода с помощью пробоотборного зонда и передается в анализатор через линию отбора проб и систему подготовки проб газа.

Системы *in situ* не требуют отбора и подготовки проб, а ограничиваются диффузионным контактом измерительной ячейки с потоком отходящего газа непосредственно в газоходе. Для установки этих систем необходимо выбрать определенное место на газоходе, обеспечивающее представительность состава газа, попадающего в ячейку.

Настоящий стандарт определяет минимальные требования к эксплуатационным характеристикам АИС.

В большинстве случаев считают, что измерять нужно только NO, так как содержание NO_2 намного меньше. Однако в некоторых случаях NO_2 может присутствовать в больших количествах, и его необходимо учитывать либо путем прямого измерения, либо с помощью преобразования NO_2 в NO. Отбор проб при этом более сложный.

6 Описание автоматизированных измерительных систем

6.1 Системы отбора и подготовки проб газа

Системы отбора проб и подготовки проб газа для экстрактивных и *in situ* методов должны соответствовать ИСО 10396.

В экстрактивных системах пробы отходящего газа подвергают обработке с удалением аэрозолей, твердых частиц и других мешающих веществ перед подачей в приборы. Существуют три вида экстрактивных систем:

a) холодно-сухие;

b) горяче-влажные;

c) с разбавлением пробы. При неэкстрактивном отборе проб измерения проводятся непосредственно в газоходе; следовательно, не требуется подготовка пробы.

Подробные сведения о системах отбора и подготовки проб газа приведены в приложении А, а два типа систем *in situ* показаны в приложении В.

6.2 Оснащение газоанализатора

Примеры типичных доступных аналитических методов приведены в приложении А и В.

Конвертация NO_2 в NO необходима, если NO_2 нужно измерять с помощью анализатора NO (требуется только в сочетании с экстрактивными системами). Детали конвертации и метод испытаний эксплуатационных характеристик приведены в приложении С.

АИС должны соответствовать эксплуатационным характеристикам, описанным в разделе 7.

7 Эксплуатационные характеристики и нормативные требования

7.1 Нормативные требования к эксплуатационным характеристикам

В таблице 1 приведены основные эксплуатационные характеристики и нормативные требования к ним для газоанализатора и измерительной системы. Эксплуатационные характеристики оценивают посредством постоянного контроля качества измерений с помощью АИС. Процедуры оценки приведены в приложении Е.

Таблица 1 — Основные эксплуатационные характеристики АИС и нормативные требования для измерений NO и NO_2

Эксплуатационные характеристики	Критерий эффективности	Процедура оценки
Время отклика	≤ 200 с	E.2
Стандартное отклонение повторяемости в лаборатории в нулевой точке	≤ 2,0 % верхнего предела наименьшего используемого диапазона измерения	E.3.2
Стандартное отклонение воспроизводимости (NO и NO_2) в лаборатории в точке диапазона	≤ 2,0 % верхнего предела наименьшего используемого диапазона измерения	E.3.3
Несоответствие	≤ 2,0 % верхнего предела наименьшего используемого диапазона измерения	E.4
Дрейф нулевой точки в течение 24 ч	≤ 2,0 % верхнего предела наименьшего используемого диапазона измерения	E.5
Дрейф точки диапазона в течение 24 ч	≤ 2,0 % верхнего предела наименьшего используемого диапазона измерения	E.5
Дрейф нулевой точки в течение периода автономной работы	≤ 3,0 % верхнего предела наименьшего используемого диапазона измерения	E.6
Дрейф точки диапазона в течение периода автономной работы	≤ 3,0 % верхнего предела наименьшего используемого диапазона измерения	E.6
Чувствительность к температуре окружающей среды при изменении на 20 К в диапазоне температур, указанном производителем	≤ 5,0 % верхнего предела наименьшего используемого диапазона измерения	E.7

Окончание таблицы 1

Эксплуатационные характеристики	Критерий эффективности	Процедура оценки
Чувствительность к давлению измеряемого газа при изменении давления на 3 кПа	≤ 3,0 % верхнего предела наименьшего используемого диапазона измерения	Е.8
Чувствительность к потоку анализируемого газа для экстрактивной АИС	≤ 2,0 % верхнего предела наименьшего используемого диапазона измерения	Е.9
Чувствительность к электрическому напряжению в пределах от 15 % ниже или от 10 % выше номинального напряжения, указанного производителем	≤ 2,0 % верхнего предела наименьшего используемого диапазона измерения	Е.10
Перекрестная чувствительность	≤ 4,0 % верхнего предела наименьшего используемого диапазона измерения	Е.11
Потери и утечки в пробоотборной линии и системе кондиционирования	≤ 2,0 % измеренного значения	Е.12 и Е.13
Отклонение измерительного потока поперечного сечения *in situ* установки АИС	≤ 2 % измеренного значения наименьшего используемого диапазона измерения	Е.14
Эффективность конвертера NO_2/NO	≥ 95 %	Приложение С

7.2 Определение эксплуатационных характеристик

7.2.1 Оценка производительности

Эксплуатационные характеристики АИС определяют во время оценки производительности. Определенные значения эксплуатационных характеристик должны соответствовать критериям, указанным в таблице 1. Процедуры определения характеристик приведены в приложении Е.

При определении эксплуатационных характеристик фиксируют условия окружающей среды.

Неопределенность измеренных значений АИС рассчитывают в соответствии с ИСО 14956 на основе эксплуатационных характеристик, определенных при оценке производительности, и она должна соответствовать значению неопределенности в рамках предполагаемого использования. Характеристики могут быть определены либо производителем, либо пользователем.

7.2.2 Постоянный контроль качества

Пользователь должен проверять конкретные эксплуатационные характеристики во время непрерывной работы измерительной системы с периодичностью, указанной в таблице 2.

Неопределенность измерения при применении в условиях применения должна определяться пользователем измерительной системы в соответствии с применимыми национальными стандартами. Для мониторинга процесса (нерегулируемое применение) значение неопределенности должно соответствовать предполагаемому использованию. Его определяют прямым или косвенным подходом к оценке неопределенности в соответствии с ИСО 20988. Неопределенность измеренных значений при эксплуатации в условиях применения зависит не только от эксплуатационных характеристик самого анализатора, но и от факторов неопределенности, связанных

- с линией отбора проб и системы кондиционирования;
- специфическими условиями места отбора;
- используемыми стандартными образцами.

8 Выбор процедуры измерения

8.1 Выбор измерительной системы

Для выбора подходящего анализатора, пробоотборной линии и блока кондиционирования необходимо до начала измерения учитывать следующие характеристики дымовых газов:

- диапазон температуры окружающей среды;
- температуру дымовых газов;
- содержание водяного пара в дымовых газах;
- запыленность дымовых газов;
- ожидаемый диапазон концентраций NO, NO_2 или NO_x;
- ожидаемую концентрацию потенциально мешающих веществ.

Чтобы избежать длительного времени отклика и эффектов памяти, линия отбора проб должна быть как можно короче. При необходимости следует использовать байпасный насос. Если в анализируемом газе содержится большое количество пыли, следует использовать соответствующий подогреваемый фильтр.

Перед мониторингом выбросов пользователь должен убедиться, что были выполнены необходимые процедуры ОК/КК.

Примечание — Информация о процедурах ОК/КК представлена в ИСО 14385-1 и ИСО 14385-2.

8.2 Отбор проб

8.2.1 Место отбора проб

Место отбора проб должно быть доступным пространством для размещения оборудования для отбора проб и анализатора. Кроме того, место отбора проб следует выбирать с учетом безопасности персонала.

8.2.2 Представительный отбор проб

Необходимо убедиться, что измеренные концентрации газа являются представительными для средних условий внутри дымохода.

Примечание — Выбор точек для представительного отбора с учетом стратификации газа, колебания скорости газа, температуры и других факторов приведен в ИСО 10396.

8.3 Расчет

8.3.1 Конвертирование объемной концентрации в массовую для NO

Результаты измерения NO выражают в единицах массовой концентрации при стандартных условиях.

Если концентрация NO представлена как объемная концентрация, следует использовать формулу (1) для преобразования объемной доли NO (10^{-6}), φ_{NO}, в массовые концентрации NO, γ_{NO}

$$\gamma_{NO} = \varphi_{NO} \cdot M_{NO}/V_M, \quad (1)$$

где γ_{NO} — массовая концентрация NO в мг/м^3 (273,15 K; 101,325 кПа);

φ_{NO} — объемная доля NO (по объему, 10^{-6});

M_{NO} — молярная масса NO (30,0 г/моль);

V_M — молярный объем (22,4 дм^3/моль при 273,15 K; 101,325 кПа).

Концентрация NO, измеренная во влажном газе, должна быть скорректирована до концентрации NO при стандартных условиях (сухой газ) с использованием формулы (2)

$$\gamma_R = \gamma_{NO} \cdot \frac{100\ \%}{100\ \% - h}, \quad (2)$$

где γ_R — массовая концентрация NO при стандартных условиях в мг/м^3 (273,15 K; 101,325 кПа);

h — абсолютное содержание водяного пара (по объему), %.

Концентрацию NO_2, измеренную во влажном газе, можно скорректировать до концентрации NO_2 при стандартных условиях (сухой газ) с помощью формулы (2), заменив NO_2 на γ_{NO_2}.

8.3.2 Расчет концентраций NO_2 и NO_x

NO и NO_2 измеряют независимо друг от друга с помощью НДУФ и ИКПФ.

Когда анализируемый газ проходит через конвертер (NO_2 в NO) к аналитическим приборам, таким как ХЛ и НДИК, общее количество оксидов азота получают следующим образом:

$$[NO_x] = [NO] + [NO]_{NO_2},$$

где $[NO]_{NO_2}$ представляет собой концентрацию NO, образующегося из NO_2 в анализируемом газе. Концентрацию NO_x описывают как концентрацию NO, поскольку NO_x в дымовых газах обычных систем сжигательных печей примерно на 95 % состоит из NO.

Когда конвертер обходят, образуется только [NO]. Таким образом, количество NO_2 можно рассчитать как

$$[NO_x] - [NO] = [NO_2],$$

где $[NO_2]$ получен как $[NO]_{NO_2} \cdot (M_{NO_2}/M_{NO})$.

9 Обеспечение качества и процедуры контроля качества

9.1 Общие положения

Обеспечение качества и контроль качества (ОК/КК) важны для того, чтобы гарантировать, что неопределенность измеренных значений NO или NO_2 сохраняется в пределах, установленных для задачи измерения. Результаты процедур ОК/КК должны быть задокументированы.

9.2 Частота проверок

АИС следует регулировать и проверять после установки, а затем во время непрерывной эксплуатации. В таблице 2 показаны минимально необходимые процедуры испытаний и частота проверок. Пользователь должен реализовать соответствующие процедуры для определения эксплуатационных характеристик или процедур, содержащиеся в настоящем разделе и приложении D. Результаты процедур ОК/КК должны быть задокументированы.

Таблица 2 — Минимальная частота проверок ОК/КК во время работы

Параметры	Минимальная частота	Процедура оценки
Время отклика	Раз в год	E.2
Стандартное отклонение повторяемости в нулевой точке	Раз в год	E.3.2
Стандартное отклонение повторяемости в точке диапазона	Раз в год	E.3.3
Несоответствие	Раз в год и после каждого ремонта АИС, способного повлиять на результаты измерения	E.4
Система отбора проб и проверка герметичности	Раз в год	E.12 и E.13
Выравнивание потока (только для АИС *in situ*)	Раз в год	Согласно требованиям производителя
Ослабление интенсивности света за счет чистоты и запыленности (только *in situ* АИС)	В соответствии с требованиями производителя или сроком, установленным национальным стандартом	Согласно требованиям производителя
Очистка или замена фильтров	Фильтры для отбора твердых частиц необходимо периодически менять в зависимости от запыленности в месте отбора проб. Во время замены фильтра необходимо очищать корпус фильтра	Согласно требованиям производителя
Дрейф нулевой точки*	Один раз в период автономной работы или в период, указанный в национальном стандарте	E.6
Дрейф точки диапазона*	Один раз в период автономной работы или в период, указанный в национальном стандарте	E.6
Регулярное обслуживание анализатора	Согласно рекомендациям производителя	Согласно рекомендациям производителя
* Газоанализаторы можно проверять с помощью внутренних газовых ячеек или оптических фильтров.		

Пользователь должен реализовать процедуру, гарантирующую, что используемые стандартные образцы соответствуют требованиям неопределенности, указанным в приложении D, например по сравнению с эталонным газом более высокого качества.

9.3 Калибровка, валидация и неопределенность измерений

Калибровку и проверку АИС следует выполнять через регулярные промежутки времени и после ремонта анализатора в соответствии с применимыми национальными стандартами.

Стационарно установленная АИС для непрерывного мониторинга должна быть откалибрована и утверждена путем сравнения:

a) с независимым методом измерения или

b) сертифицированным стандартным образцом.

В любом случае валидация должна включать определение неопределенности измеренного значения, полученного путем калибровки АИС. Перед каждой калибровкой АИС должна подвергаться регулировкам и испытаниям производительности в соответствии с 9.2. Это гарантирует, что неопределенность измерения является представительной для применения на конкретном предприятии.

Валидация должна включать определение неопределенности измеренных значений, полученных путем сравнения определения эталонного газа или стандартного образца с измеренным значением АИС.

Примечание — Определение неопределенности измеренных значений, полученных стационарно установленной АИС для непрерывного мониторинга, на основе сравнения с независимым методом измерения приведено в ИСО 20988.

Неопределенность измеренных значений должна соответствовать критерию неопределенности, установленному для цели измерения.

10 Протокол испытаний

Протокол испытаний должен соответствовать настоящему национальному стандарту. Если не указано иное, он должен включать, по крайней мере, следующую информацию:

a) ссылку на настоящий стандарт;

b) описание цели измерения;

c) принцип отбора проб газа;

d) информацию об АИС, линии отбора проб и кондиционирования;

e) идентификационные данные используемой АИС и ее эксплуатационные характеристики, перечисленные в таблице 1;

f) диапазон измерений;

g) температуру и давление измеряемого газа, а также длину пути через оптическую ячейку (требуется только для измерения *in situ*);

h) подробные сведения о качестве и концентрации используемых поверочных газовых смесей;

i) описание установки и процесса, диапазон концентраций загрязняющих веществ и потенциального мешающего влияния;

j) идентификацию и расположение плоскости отбора проб;

k) процедуру отбора представительных проб;

l) описание расположения точки (точек) отбора проб в плоскости;

m) описание рабочих условий производственного процесса;

n) изменения в работе предприятия во время отбора проб;

o) дату, время и продолжительность отбора проб;

p) временное усреднение по соответствующим периодам;

q) измеренные значения;

r) неопределенность измерения;

s) результаты любых проверок ОК/КК, проведенных в соответствии с таблицей 2;

t) любые отклонения от настоящего стандарта.

Приложение А
(обязательное)

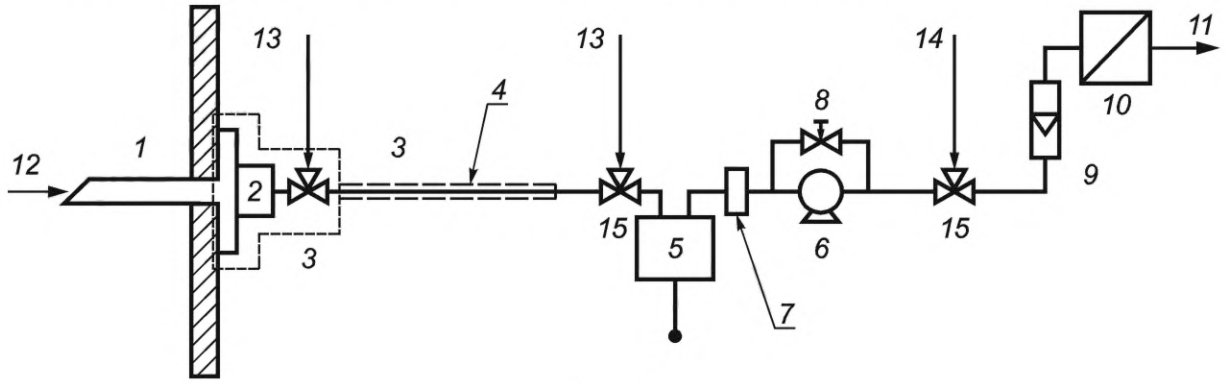
Экстрактивные системы измерения NO, NO_2 или NO_x

А.1 Общие положения

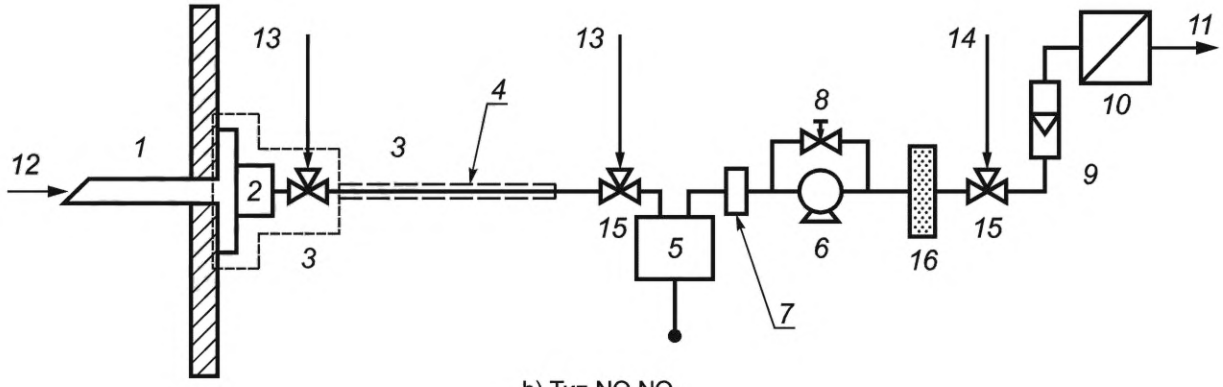
А.1.1 Система экстрактивного отбора проб с использованием охладителя или осушителя

Существует множество вариантов подобной системы, и рисунок А.1 а) является лишь примером типичного расположения полной измерительной системы NO. Эта система подходит для использования со всеми газоанализаторами, описанными в 6.2. Если необходимо измерить NO_2 с помощью анализатора NO, следует использовать конвертер NO_2 в NO, как показано на рисунке А.1 (b).

Отбор проб газа должен быть представительным, т. е. место отбора проб должно быть типичным для всего газохода в соответствии с рекомендациями, приведенными в ИСО 10396. Точки отбора проб для измерения требуют проверки на однородность. Перед установкой необходимо проверить равномерность газового потока.



а) Тип NO



b) Тип $NO\text{-}NO_2$

1 — пробоотборник; *2* — фильтр; *3* — система нагревания (при необходимости); *4* — линия отбора проб (подогреваемая при необходимости); *5* — система охлаждения с отводом влаги; *6* — насос; *7* — вторичный фильтр; *8* — игольчатый клапан; *9* — расходомер; *10* — газоанализатор; *11* — выходное отверстие; *12* — вход для нулевого и калибровочного газа (желательно перед соплом) для проверки всей системы; *13* — вход для нулевого и калибровочного газа для проверки системы кондиционирования и газоанализатора; *14* — вход для нулевого и калибровочного газа для проверки газоанализатора; *15* — клапан; *16* — конвертер NO_2/NO

Рисунок А.1 — Система экстрактивного отбора проб с использованием охладителя или осушителя (пример)

Компоненты, описанные в А.1.2.1—А.1.2.8, например, доказали свою эффективность при измерениях на газовых, нефтяных и угольных электростанциях (необходимо соблюдать меры предосторожности из-за высокой коррозионной активности конденсирующейся кислоты, например HCl, SO_3 или NO_2).

А.1.2 Компоненты системы холодной и сухой экстракции

А.1.2.1 Пробоотборный зонд

Зонд для отбора проб должен быть изготовлен из подходящего коррозионно-стойкого материала (например, из нержавеющей стали без молибдена, боросиликатного стекла, керамики; политетрафторэтилен ПТФЭ подходит только для температуры дымовых газов ниже 200 °С). При температурах выше 250 °С нержавеющая сталь и некоторые другие материалы могут изменять соотношение NO:NO_2. Если необходимо определить соотношение, рекомендуется использовать керамический или стеклянный материал. Для поддержания концентрации определяемого соединения в дымовых газах применяют охлаждение.

А.1.2.2 Фильтр

Фильтр необходим для удаления твердых частиц, чтобы защитить систему отбора проб и газоанализатор. Фильтр должен быть изготовлен из керамики, ПТФЭ, боросиликатного стекла или металлокерамики. Фильтр должен нагреваться выше точки росы воды или кислоты в зависимости от того, что выше. Рекомендуется использовать фильтр, задерживающий частицы размером более 2 мкм. Размер фильтра должен определяться исходя из требуемого расхода пробы и данных изготовителя о расходе на единицу площади.

Температура пробоотборного зонда и фильтра должна быть выше точки росы газов по воде или кислоте, поскольку точка отбора проб обычно расположена после выхода из систем deNO_x.

А.1.2.3 Линия отбора проб

Линия отбора проб должна быть изготовлена из ПТФЭ, ПФА или нержавеющей стали без Mo. Трубопроводы должны работать при температуре на 15 °С выше точки росы конденсируемых веществ (обычно точки росы для воды или кислоты). Диаметр трубки должен быть соответствующего размера, чтобы обеспечить скорость потока, необходимую газоанализатору при выбранной длине линии и степени падения давления в линии, а также производительности используемого насоса для отбора проб.

А.1.2.4 Система удаления влаги (охладитель пробы или осушитель)

Система удаления влаги должна использоваться для отделения водяного пара от дымового газа. Точка росы должна быть значительно ниже температуры окружающей среды и температуры пробы. Рекомендуется относительная влажность, эквивалентная температуре охлаждения от 2 °С до 5 °С. Охлаждение применяют для объема отбираемого газа с учетом содержащегося в нем водяного пара.

Конструкция системы удаления влаги анализируемого газа должна быть такой, чтобы абсорбция NO_2 в конденсате была сведена к минимуму. Это обеспечивает минимальные потери NO_2, растворенного в конденсате, который удаляется из охладителя проб. Минимальные потери NO_2 может обеспечить использование проникающего осушителя.

А.1.2.5 Насос для отбора проб (коррозионно-стойкий)

Насос для отбора проб используется для отбора пробы из канала через систему отбора проб. Это может быть мембранный насос, насос с металлическим сильфоном, эжекторный насос или другие типы. Насос должен быть изготовлен из коррозионно-стойкого материала. Производительность насоса должна быть такой, чтобы он мог подавать в анализатор требуемый поток газа. Чтобы сократить время транспортирования в пробоотборной линии и риск физико-химического преобразования пробы, поток газа может быть больше, чем требуется для газоанализатора, и должен быть безымпульсным, чтобы обеспечить постоянный и равномерный поток.

Для холодной и сухой экстрактивной системы (А.1.3) насос должен работать при температуре не менее 180 °С или на 10—15 К выше точки росы кислотных газов.

А.1.2.6 Вторичный фильтр

Вторичный фильтр необходим для удаления оставшихся твердых частиц с целью защиты насоса и газоанализатора. Рекомендуется использовать фильтр, задерживающий частицы размером более 1 мкм. Приемлемыми материалами являются ПТФЭ, боросиликатное стекло или керамические материалы. Размер фильтра должен определяться исходя из требуемого расхода пробы и данных производителя о расходе на единицу площади.

А.1.2.7 Регулятор расхода и расходомер

Для установки необходимого расхода используются регулятор расхода и расходомер. Они должны быть изготовлены из коррозионно-стойкого материала.

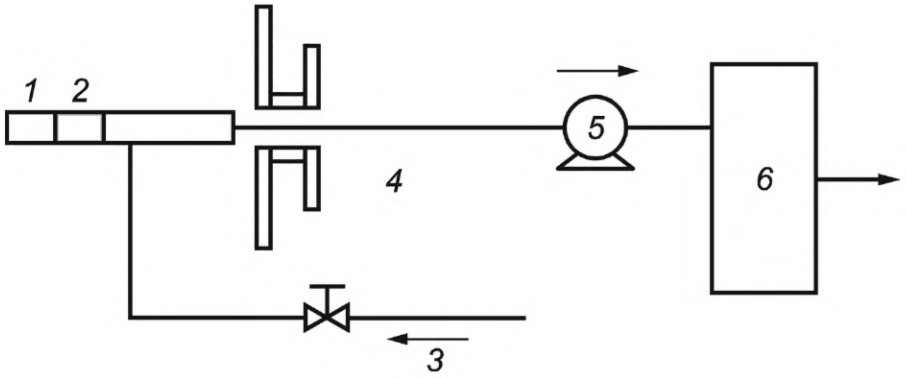
А.1.2.8 Конвертер NO_2/NO

Конвертер NO_2/NO необходим, если требуется измерить NO_2 с помощью газоанализатора NO (возможно только в сочетании с экстрактивными системами). Детали конвертера и метод испытаний эксплуатационных характеристик приведены в приложении С.

А.1.3 Система экстрактивного отбора проб с использованием нагревателя

При использовании газоанализаторов с горячей кюветой для проб применяют автоматическую измерительную систему, показанную на рисунке А.2.

В дополнение к системе холодной и сухой экстракции имеется также автоматическая измерительная система для измерения NO_x, которая нагревает измеряемый газ до точки росы выше температуры воды и кислоты (или точки росы других конденсируемых веществ), чтобы избежать потерь NO_2. В этом случае систему можно упростить. Важно, чтобы все компоненты, транспортирующие анализируемый газ к газоанализатору, также нагревались выше точки росы воды и кислоты.



1 — пробоотборник с подогревом (при необходимости); *2* — фильтр (внутри или вне сечения); *3* — вход нулевого и калибровочного газа; *4* — линия отбора проб с подогревом; *5* — насос с подогревом; *6* — газоанализатор с подогреваемой ячейкой для проб

Рисунок А.2 — Система экстрактивного отбора проб с использованием нагревателя (пример: горяче-влажный тип)

А.1.4 Экстрактивная система разбавления

Метод разбавления является альтернативой мониторингу горячего газа или осушке анализируемого газа. Дымовой газ разбавляется чистым газом, который не должен содержать измеряемых веществ [3].

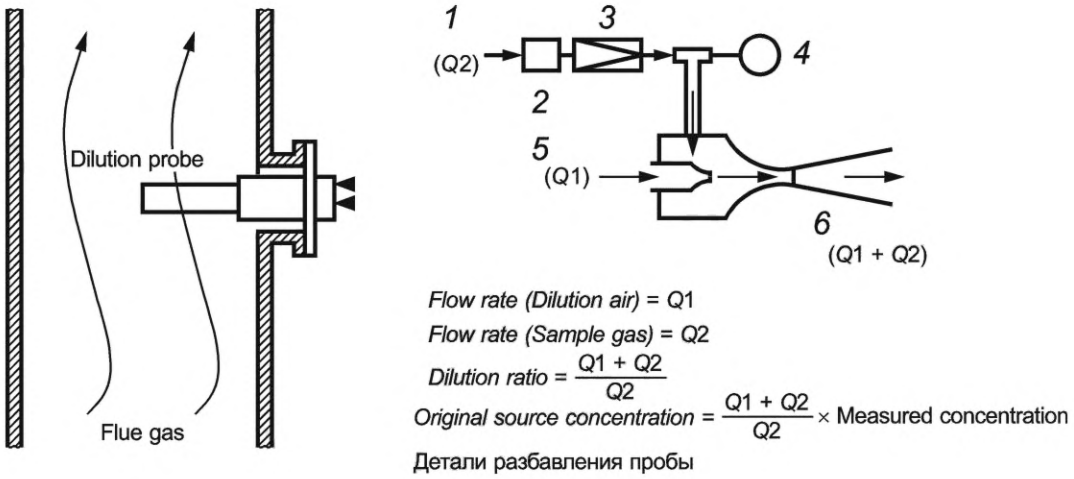
Коэффициент разбавления должен быть выбран в соответствии с целями измерения и совместим с диапазоном измерения. Разбавление должно оставаться постоянным в течение всего периода испытания, поскольку частота калибровки единиц измерения зависит, в том числе, от стабильности коэффициента разбавления. Точка росы должна быть снижена, чтобы уменьшить риск образования конденсата в системе контроля газа. Измеренные значения всегда относятся к влажному газу.

Многие типы устройств подходят для использования в системах разбавления, например:

- калиброванные аликвоты (капилляры, сопла, игольчатые клапаны и др.);
- расходомеры по объему или массе;
- регуляторы давления и/или расхода.

Примеры диаграмм представлены на рисунке А.3.

Примечание — Коэффициенты разбавления зависят от изменений плотности дымовых газов. Изменения температуры дымовых газов, молекулярной массы и общего давления в дымовой трубе могут повлиять на соотношение и результирующие измерения концентрации, поэтому все изменения необходимо записывать в протоколе испытаний.



1 — проба газа (Q2: расход); *2* — фильтр для твердых частиц; *3* — критическое отверстие; *4* — вакуумметр; *5* — разбавляющий воздух (Q1: расход); *6* — разбавленный анализируемый газ (Q1 + Q2: расход анализируемого газа)

Рисунок А.3 — Схема автоматической измерительной системы (пример: разбавление экстрактивного типа)

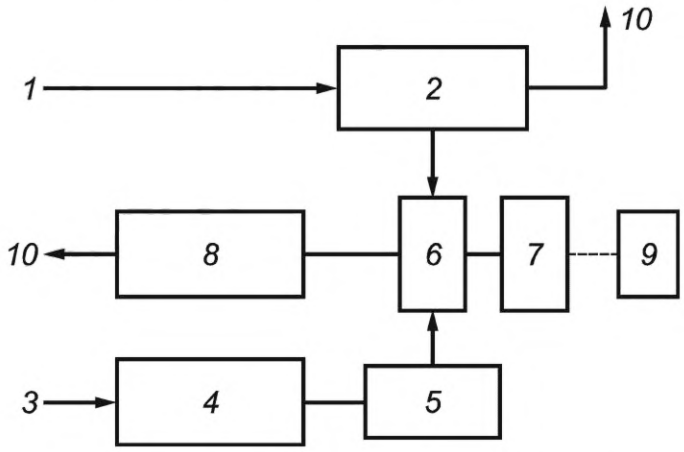
А.2 Принципы измерения

А.2.1 Хемилюминесцентный метод

Принцип хемилюминесцентного метода определения массовой концентрации оксидов азота в окружающем воздухе подробно описан в ИСО 7996 [5].

При реакции NO с озоном (O_3) образуется NO_2, при этом часть этого NO_2 находится в фотохимическом возбужденном состоянии. При возвращении в основное состояние эти молекулы NO_2 могут излучать свет в диапазоне длин волн от 590 до 3000 нм. Интенсивность этого излучения зависит от содержания NO и от давления и присутствия других газов.

На рисунке А.4 показано основное устройство хемилюминесцентного газоанализатора.



1 — анализируемый газ; *2* — блок управления расходом; *3* — кислородсодержащий газ; *4* — блок управления расходом; *5* — генератор озона; *6* — реакционная камера; *7* — фотодатчик; *8* — блок разложения озона; *9* — сигнал; *10* — отработанный газ

Рисунок А.4 — Принципиальная схема хемилюминесцентного газоанализатора (пример)

Различают газоанализаторы атмосферного и низкого давления в зависимости от давления в реакционной камере. Некоторые газоанализаторы имеют встроенные конвертеры NO_2/NO и благодаря своей конструкции выдают сигналы для NO, NO_x и NO_2 либо одновременно, либо последовательно.

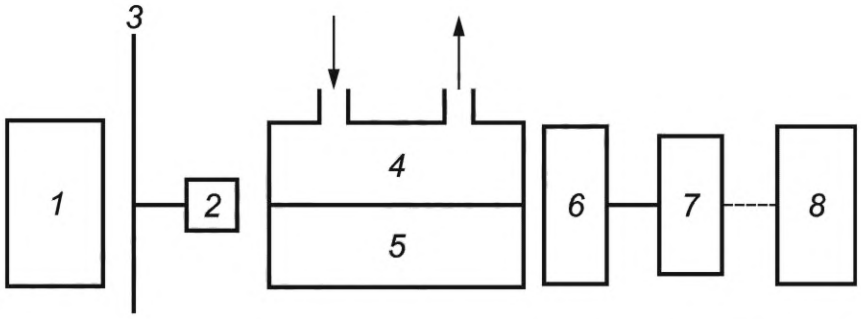
Помехи из-за диоксида углерода (CO_2) и паров воды в анализируемом газе возможны из-за гашения хемилюминесцентной реакции. Степень гашения зависит от концентраций CO_2 и H_2O и типа используемого газоанализатора.

А.2.2 Метод недисперсионной инфракрасной спектроскопии

Метод недисперсионной инфракрасной спектроскопии основан на том, что газы, состоящие из молекул с разными атомами, поглощают инфракрасное излучение с уникальной длиной волны. Метод измерения содержит:

а) Двухлучевой метод

Излучение, испускаемое ИК-источником, разделяется на два луча, а затем модулируется: один пучок проходит через ячейку с пробой, а другой — через эталонную ячейку, содержащую газ, не активный в ИК-излучении, обычно азот. Если проба газа содержит NO, часть энергии ИК-излучения поглощается и разница в энергии ИК-излучения, достигающей детектора, пропорциональна количеству присутствующего NO. Детектор разработан таким образом, что он чувствителен только к длинам волн, специфичным для NO. Пример схемы двухлучевого анализатора НДИК показан на рисунке А.5.



1 — ИК-источник; *2* — прерыватель; *3* — измельчающее колесо; *4* — ячейка с пробой; *5* — эталонная ячейка; *6* — детектор; *7* — электроника; *8* — дисплей

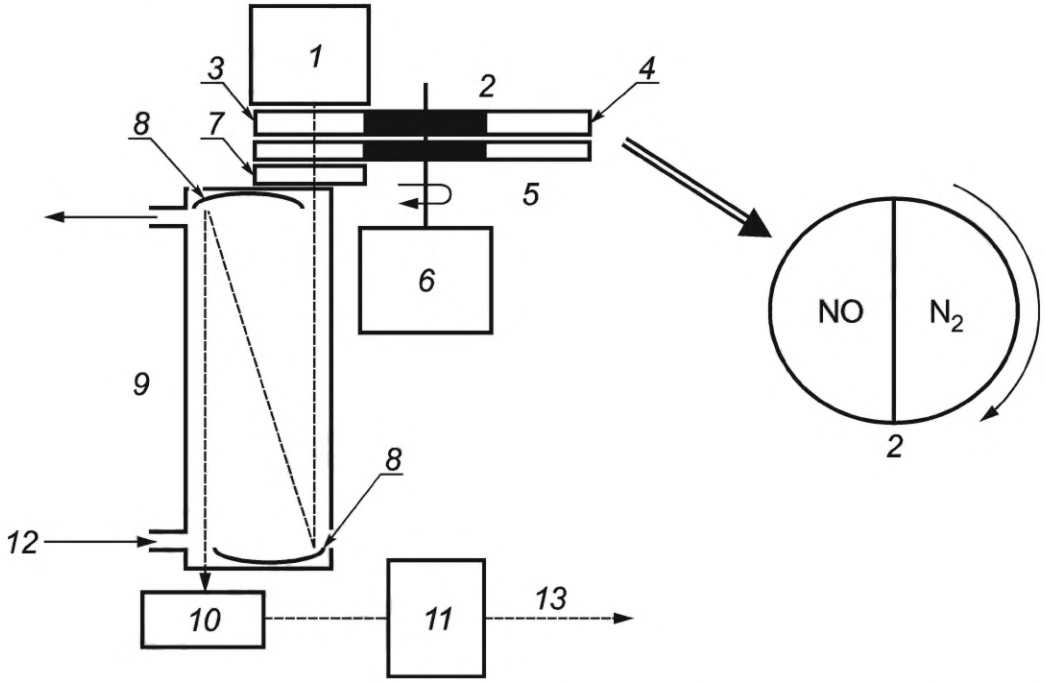
Рисунок А.5 — Схема двухлучевого газоанализатора НДИК (пример)

b) Однолучевой метод

Существует как минимум три типа однолучевых методов:

- Использование интерференционных фильтров, причем один фильтр используется в полосе поглощения измеряемого газа, а другой — в эталонной длине волны. Тогда концентрация газа является функцией отношения измеренной и эталонной длин волн. Вместо нескольких фильтров можно использовать настраиваемый фильтр с изменяющейся длиной волны полосы пропускания.

- В методе корреляции газового фильтра фильтр измерительных помех заменяется газовым фильтром; в остальном метод подобен предыдущему. Газоанализатор состоит из газовых корреляционных фильтров, которые состоят из фильтра анализируемого газа, заполненного высоким уровнем измеряемого газа, включая NO или NO_2, фильтра эталонного газа, заполненного корреляционным нулевым газом (N_2), и колеса прерывателя. После введения анализируемого газа в измерительную ячейку корреляционные фильтры газа и колесо прерывателя постоянно вращаются. Газоанализатор измеряет дифференциальное ИК-поглощение луча, который попеременно проходит через фильтр анализируемого газа и фильтр эталонного газа. Это дает лучшую чувствительность и уменьшает эффекты перекрестной чувствительности. Пример диаграммы анализатора НДИК корреляционного типа с газовым фильтром показан на рисунке А.6.



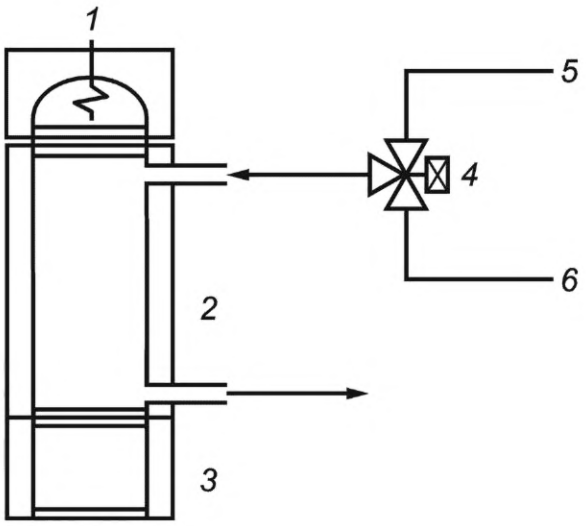
1 — ИК-источник; *2* — газовый корреляционный фильтр; *3* — фильтр анализируемого газа; *4* — эталонный газовый фильтр; *5* — измельчитель; *6* — прерыватель; *7* — оптический фильтр; *8* — зеркало; *9* — ячейка для проб; *10* — детектор; *11* — усилитель; *12* — вход анализируемого газа; *13* — выходной сигнал

Рисунок А.6 — Схема газоанализатора НДИК корреляционного типа газового фильтра

- Недисперсионный инфракрасный газоанализатор с перекрестной модуляцией определяет разницу в поглощении инфракрасного излучения, вызванную поочередным введением в измерительную ячейку анализируемого газа и эталонного газа (например, воздуха с удаленным NO/NO_2 и т. д.). Измеренная разность представляет собой концентрацию, обусловленную измеряемой величиной, и таким образом устраняется влияние мешающих компонентов. Пример схемы анализатора НДИК с перекрестной модуляцией показан на рисунке А.7.

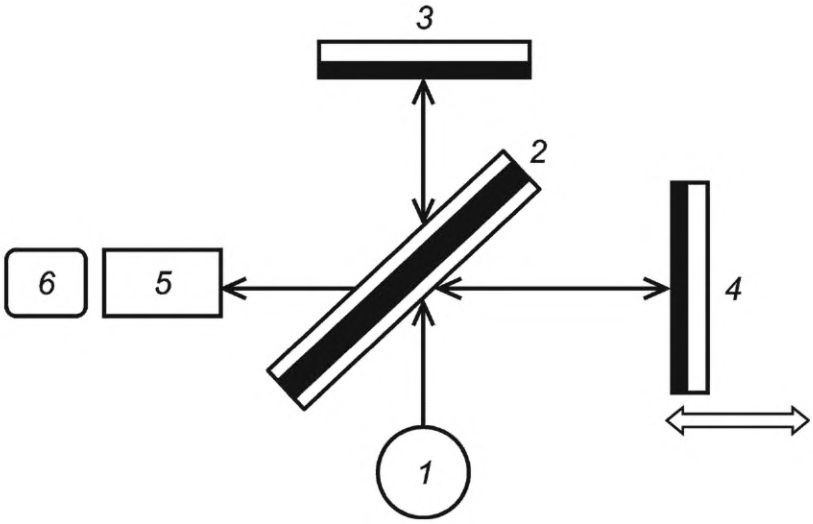
c) Инфракрасная спектроскопия с преобразованием Фурье

В двухлучевом интерферометре, обычно используемом для ИКПФ, свет, излучаемый инфракрасным источником, коллимируется и направляется на светоделитель. Часть света проходит через светоделитель к зеркалу, а остальная часть света отражается в другом зеркале. В зависимости от конструкции интерферометра одно или несколько зеркал могут перемещаться, и в результате лучи проходят разные расстояния. Когда два луча отражаются обратно в светоделитель, между ними возникает разность фаз. Комбинированный выходной пучок, выходящий из интерферометра, будет иметь разную интенсивность в зависимости от разности оптических путей (положения зеркала). Этот сигнал переменной интенсивности называется интерферограммой, и он связан со спектром длин волн посредством преобразования Фурье. Спектр получают путем записи интерферограммы, применения к ней некоторой цифровой обработки сигнала (фильтрация, фазовая коррекция) и вычисления его обратного преобразования Фурье. Полученный спектр сравнивают со спектрами из установленной библиотеки для определения концентрации интересующих газов (NO и NO_2). Пример схемы инфракрасного анализатора с преобразованием Фурье показан на рисунке А.8.



1 — ИК-источник; *2* — ячейки с пробой; *3* — части для обнаружения (оптический фильтр и детектор); *4* — электромагнитный клапан; *5* — проба газа; *6* — калибровочный газ

Рисунок А.7 — Схема газоанализатора НДИК с перекрестной модуляцией



1 — ИК-источник; *2* — светоделитель (полусеребристое зеркало); *3* — неподвижное зеркало; *4* — движущееся зеркало; *5* — ячейка для пробы; *6* — детектор

Рисунок А.8 — Схема инфракрасного газоанализатора с преобразованием Фурье (пример)

А.2.3 Метод недисперсионной УФ-спектроскопии

Метод недисперсионной УФ-спектроскопии основан на том принципе, что газы, состоящие из молекул с разными атомами, поглощают ультрафиолетовое излучение с уникальной длиной волны. Методы недисперсионной УФ-спектроскопии (НДУФ) используют те же принципы, что и приведенные в А.2.2 (a) и (b).

Газоанализатор НДУФ обычно состоит из следующих основных компонентов:

- источника света (дуговой дейтериевой лампы, ртутной лампы высокого давления и др.);
- оптических и/или газовых фильтров;
- измерительной ячейки;
- фотоприемника;
- калибровочной ячейки, используемой для проверки дрейфа.

Приложение В
(обязательное)

Система измерения *in situ* NO и NO_2

В.1 Принцип измерения основан на прямом измерении NO и NO_2 *in situ* с помощью дифференциальной оптической абсорбционной спектроскопии (ДОАС)

В.1.1 Общие положения

Принцип анализа основан на измерении некондиционированных NO и NO_2 в потоке. Массовые концентрации NO и NO_2 определяются прямым измерением с помощью анализатора дифференциальной оптической абсорбционной спектроскопии (ДОАС). Для поправки на сухое состояние при стандартных условиях рекомендуется измерять водяной пар вместе с концентрацией NO и NO_2.

Примечание — Анализаторы, основанные на принципах НДИК, ИКПФ и НДУФ, также предлагаются для измерений *in situ*.

В.1.2 Дифференциальная оптической абсорбционной спектроскопии (ДОАС)

Используется анализатор с ксеноновой лампой высокого давления, который измеряет полный спектр поглощения дымовых газов в дымовой трубе в диапазоне от 200 до 2000 нм, и данные сохраняются в памяти анализатора (компьютер). Спектр делится на «нулевой» или системный эталонный спектр, записанный в условиях, когда отсутствует поглощение измеряемых газов.

Делением двух спектров можно получить полное поглощение света вдоль светового луча. Это может быть связано с газообразными загрязняющими веществами в газе, а также с пылью или колебаниями интенсивности света. Поскольку только молекулы газа вызывают быстрые или узкополосные изменения в спектрах поглощения, медленные или широкополосные изменения, вызывающие увеличение градиента, математически исключаются.

Полученный спектр математически сравнивается с сохраненным спектром источника света. Рассчитывают дифференциальный спектр поглощения, и этот расчет является основой для расчета концентрации соединения (соединений). Рассчитанный спектр состоит из хорошо сбалансированной суммы эталонных спектров для соответствующего анализа.

Типичная длина волны измерения, используемая для NO, составляет 215—226 нм, а для NO_2 — 330—550 нм.

В.2 Системы измерения *in situ* в поперечном сечении каналов

В.2.1 Общие положения

Система измерения ДОАС *in situ* состоит из передатчика и приемника. Два блока устанавливаются друг напротив друга непосредственно на трубе или канале. На рисунке В.1 показана типичная схема системы измерения *in situ*, основанной на ДОАС для NO и NO_2.

В.2.2 Компоненты системы измерения ДОАС *in situ* (поперечный трубопровод)

В.2.2.1 Передатчик и приемник

Блок передатчика содержит источник света, такой как ксеноновая лампа, а блок приемника — фотодетектор. Луч света исходит от лампы, расположенной в блоке передатчика. Ультрафиолетовый свет проходит через газ и попадает на фотодетектор в приемном блоке.

В.2.2.2 Очистка оптической ячейки

Фланцы для продувки выполняют две основных функции. Во-первых, используются для крепления передатчика или приемника на трубе. Во-вторых, продувочный фланец имеет штуцер для продувки.

Если этого требует применение, подается продувочный газ, чтобы предотвратить загрязнение оптических компонентов дымовым газом. Промывочная среда поступает на продувочный фланец и течет в направлении газохода, где смешивается с дымовыми газами. В качестве продувочной среды обычно используется нулевой газ. Расход зависит от условий и обычно составляет от 20 до 50 $дм^3$/мин.

В.2.2.3 Ячейка валидации

Для проверки работоспособности измерительной системы ДОАС нужно регулярно проводить процедуру валидации.

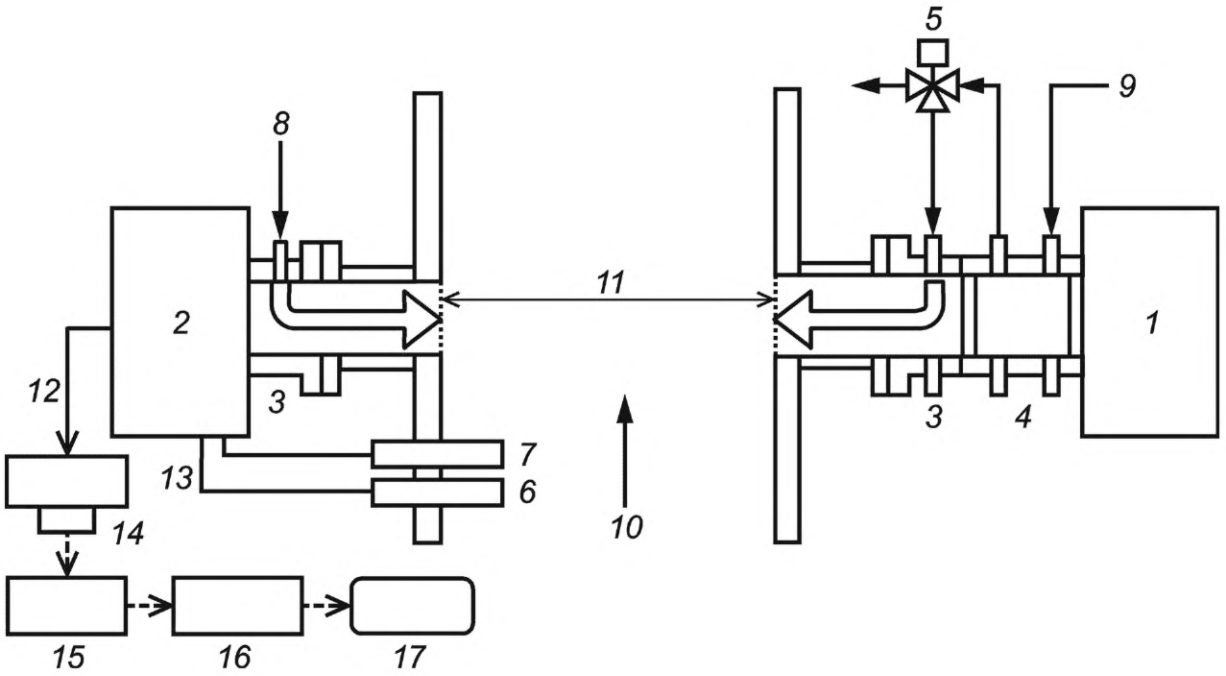
Одним из методов проверки является применение внешней ячейки, которую устанавливают на оптическом пути между трубой и блоком передатчика/приемника. Альтернативный метод — использование газонаполненной ячейки со стабильной концентрацией.

Во время процедуры ячейку промывают сертифицированным тестовым газом и временно перемещают на оптический путь соответственно.

Концентрация газа, необходимая для обоих методов, зависит от длины оптического пути и ячейки проверки, а также диапазона измерения. Обычно используют испытательный газ с концентрацией, эквивалентной от 70 % до 90 % от полного диапазона.

В.2.2.4 Датчик давления и температуры

Из-за установки *in situ* изменение давления и температуры газа в дымовых газах может повлиять на сигнал измерения. Если параметры превышают максимально допустимые отклонения, можно использовать датчики давления и/или температуры, чтобы обеспечить соответствующее давление или температуру газа в измерительной системе ДОАС, чтобы скорректировать влияние изменений температуры и давления.



1 — передатчик; *2* — приемник; *3* — продувочный фланец; *4* — ячейка проверки; *5* — трехходовой клапан; *6* — датчик давления (при постоянных условиях в газоходе не требуется); *7* — датчик температуры (при постоянных условиях в газоходе не требуется); *8* — продувочный газ; *9* — продувочный, поверочный или нулевой газ; *10* — область дымовых газов; *11* — измерительный путь; *12* — оптоволоконный кабель; *13* — спектрометр; *14* — детектор; *15* — электроника; *16* — компьютер; *17* — регистратор данных

Рисунок В.1 — Схема системы измерения ДОАС *in situ* (пример)

В.3 Точечные измерительные системы *in situ*

В.3.1 Общие положения

Система точечных измерений *in situ* состоит из приемника, передатчика и зонда. Луч обычно проходит через поток измеряемого газа и отражается зеркалом на кончике зонда. На рисунке В.2 показана типовая схема точечной системы измерения *in situ*.

В.3.2 Компоненты системы измерения ДОАС *in situ* (точечный мониторинг)

В.3.2.1 Приборный приемопередатчик

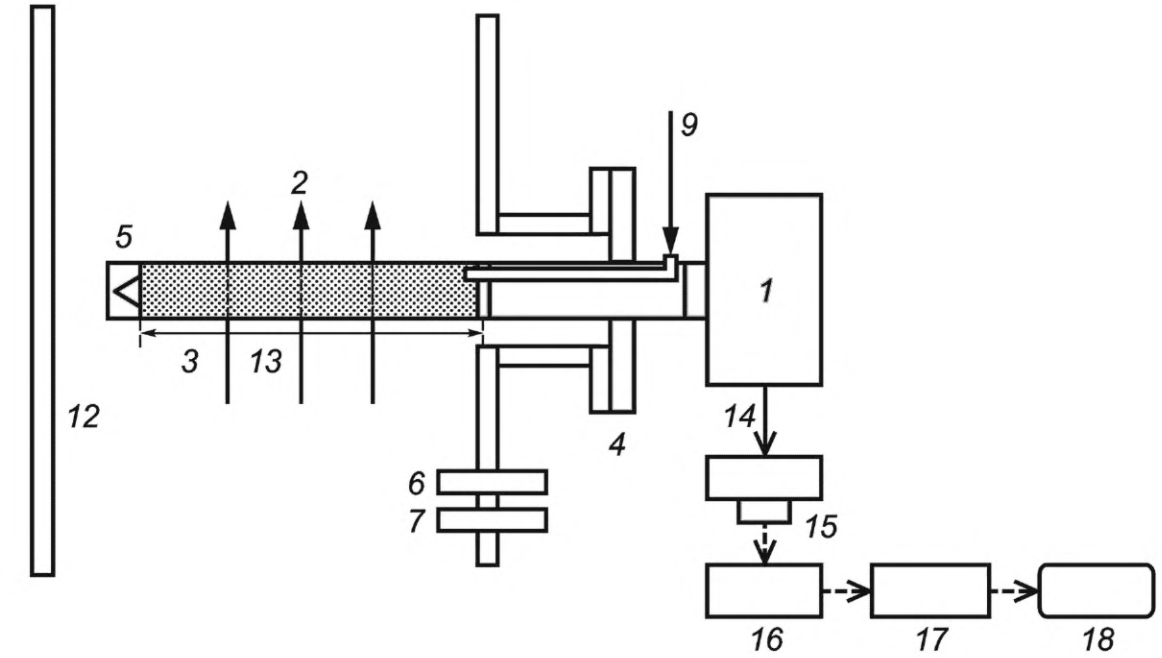
Приемопередатчик представляет собой устройство, состоящее из передатчика и приемника. Компонент прибора воспринимает реакцию измерительной ячейки и генерирует электрический сигнал, соответствующий концентрации измеряемого газа.

В.3.2.2 Измерительная ячейка

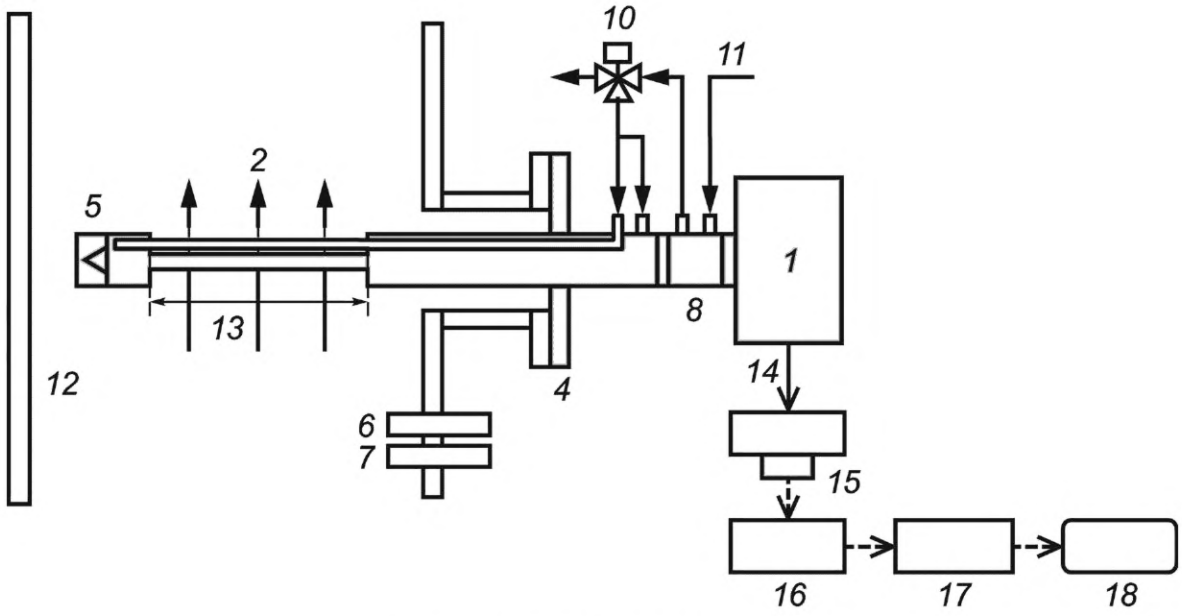
Ячейка или полость подвергаются воздействию потока газа с целью создания электрооптического отклика на концентрацию газа на конце зонда.

В.3.2.4 Фильтр зонда

Пористая керамическая или спеченная металлическая трубка или экран сводят к минимуму влияние твердых частиц на измерение газа. Если ожидается небольшое влияние твердых частиц на измерение, можно использовать зонд без фильтра.



a) Тип с фильтром (вид сбоку на зонд)



b) Тип без фильтра (вид сбоку на зонд)

1 — приемопередатчик; *2* — зонд; *3* — фильтр; *4* — фланец зонда; *5* — зеркало; *6* — датчик давления (при постоянных условиях в газоходе не требуется); *7* — датчик температуры (при постоянных условиях в газоходе не требуется); *8* — ячейка проверки; *9* — калибровочный или нулевой газ; *10* — трехходовой клапан; *11* — продувочный газ, поверочный или нулевой газ; *12* — область дымовых газов; *13* — измерительная ячейка или полость; *14* — спектрометр; *15* — детектор; *16* — электроника; *17* — компьютер; *18* — регистратор данных

Рисунок В.2 — Пример системы измерения ДОАС *in situ* (точечный монитор)

Приложение С
(обязательное)

Конвертер NO_2-NO

С.1 Общие положения

Если необходимо измерить NO_2 с помощью анализатора NO, следует использовать конвертеры NO_2 в NO. Метод испытания для оценки эффективности конвертера описан ниже.

С.2 Принцип конвертера

Существуют различные типы конвертеров, например:
- конвертеры углерода;
- конвертеры углерод-молибденовые;
- конвертеры из нержавеющей стали;
- термопреобразователи.

В некоторых ситуациях (например, когда в измеряемом газе присутствует аммиак) могут возникать помехи в зависимости от рабочей температуры конвертера. В этих случаях необходимо учитывать такие возможности при выборе типа конвертера.

Конвертер можно обойти с помощью трехходового клапана. Если анализируемый газ проходит через конвертер, образуется общее количество ($NO + NO_2$); когда он не затрагивается, определяют содержание только NO. Количество NO_2 можно рассчитать как разницу между NO_x и NO.

С.3 Проверка эффективности конвертера NO_2 к NO

С.3.1 Общие положения

Конвертер должен иметь КПД > 95 %, который можно проверить с помощью проверочных газов, содержащих NO_2 в синтетическом воздухе, или с помощью тестера эффективности конвертера. Этот метод подробно описан в ИСО 7996 и не подходит, если анализатор NO подвержен влиянию озона.

С.3.2 Испытание эффективности конвертера с использованием эталонного газа, содержащего NO_2

Для анализаторов с двумя реакционными камерами регулируют анализатор NO_x на канале NO и NO_x с концентрацией NO, близкой к предельному значению выбросов. Необходимо убедиться, что оба канала дают одно и то же значение, и записывать значения.

Вносят в анализатор газ, содержащий NO_2, с известной концентрацией (как указано в D.5).

Записывают концентрацию NO_x и NO. Ожидают не менее шести измерительных периодов между показаниями концентраций NO_x и NO. Измерение должно приниматься как среднее значение периода времени, составляющего не менее трех откликов АИС.

Рассчитывают КПД конвертера по формуле (С.1)

$$Conv.Eff.(\%) = \frac{(NO_x)_u - (NO)_u}{(NO_2)_i} \cdot 100, \qquad (С.1)$$

где *Conv.Eff.* (%) — коэффициент преобразования конвертера в процентах;

$(NO_x)_u$ — значение NO_x для газа, содержащего NO_2;

$(NO)_u$ — значение NO для газа, содержащего NO_2;

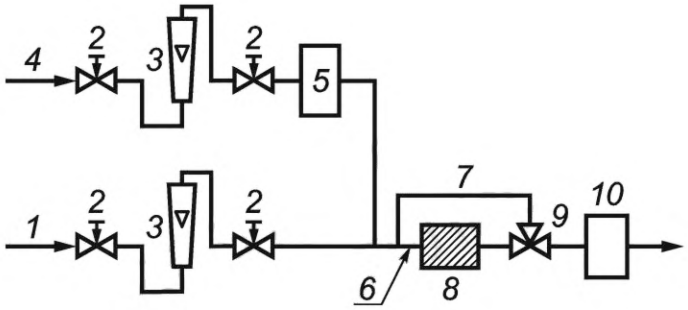
$(NO_2)_i$ — концентрация NO_2 содержащего NO_2 газа, подаваемого на анализатор.

Выполняют определение КПД конвертера три раза и записывают среднее значение трех определений. Значение КПД должно соответствовать критерию производительности, указанному в таблице 1.

С.3.3 Проверка эффективности конвертера с помощью тестера эффективности

Принцип работы тестера эффективности показан на рисунке С.1. Постоянный поток калибровочного газа NO смешивается с постоянным потоком воздуха или кислорода, который содержит различное количество озона, производимого регулируемым генератором озона. Озон реагирует с NO с образованием NO_2. Таким образом, общее количество оксидов азота ($NO + NO_2$) остается постоянным, а соотношение ($NO:NO_2$) изменяется.

Если КПД конвертера более 95 %, сигнал анализатора в сочетании с тестируемым конвертером остается почти постоянным. Сигнал каждой концентрации сравнивается с сигналом газовой смеси, содержащей только NO (при выключенном генераторе озона). При каждой различной концентрации озона определяют концентрацию NO и ($NO + NO_2$) в газовой смеси.



1 — калибровочный газ NO; *2* — регулятор потока; *3* — расходомер; *4* — воздух или кислород; *5* — генератор озона; *6* — линия подачи к измерению NO_x; *7* — линия потока к измерению; *8* — конвертер NO_2/NO; *9* — трехходовой клапан; *10* — анализатор NO

Рисунок С.1 — Принцип работы тестера эффективности конвертера NO_2/NO

Приложение D
(справочное)

Рабочие газы

D.1 Общие положения

При использовании настоящего стандарта требуется применение рабочих газов.

D.2 Нулевой газ

Нулевой газ не должен содержать соединений, влияющих на эффективность измерения приборов. Для всех анализаторов следует использовать чистый азот (марка 5,0 с содержанием примесей измеряемых компонентов ниже аналитического предела обнаружения), очищенный атмосферный воздух или другие смеси O_2 и N_2.

Концентрация интересующих веществ в нулевом газе не должна превышать 1,0 % используемого диапазона измерения.

D.3 Поверочная газовая смесь

Поверочная газовая смесь должна состоять из NO в чистом азоте. Она должна иметь известную концентрацию с максимально допустимой расширенной неопределенностью 2,0 % от его номинального значения. Концентрация поверочной газовой смеси должна составлять от 70 % до 90 % верхнего предела выбранного диапазона измерений.

D.4 Эталонный газ

Эталонный газ должен состоять из NO в чистом азоте. Он должен иметь известную концентрацию с максимально допустимой расширенной неопределенностью 2,0 % от его номинального значения, прослеживаемую по применимым стандартам.

D.5 Эталонный газ для проверки эффективности конвертера NO_2/NO

Эталонный газ для проверки эффективности конвертера должен состоять из NO_2 в синтетическом воздухе. Концентрация должна находиться в диапазоне ожидаемых концентраций NO/NO_x.

Приложение Е
(справочное)

Процедуры определения эксплуатационных характеристик

Е.1 Общие положения

Перед проведением любых испытаний необходимо учесть время прогрева, указанное производителем. Если время прогрева не указано, следует планировать минимум 2 ч.

Перед определением эксплуатационных характеристик АИС прибор должен быть настроен в соответствии с требованиями производителя и в соответствии с процедурой, описанной в 9.3.

В условиях испытаний для каждой отдельной характеристики производительности значения следующих параметров должны быть постоянными в пределах указанного ниже диапазона:

- окружающая температура — ±2 °С;
- давление отбора проб — ±0,2 кПа;
- напряжение питания — ±1 % от номинального напряжения сети (кроме испытания зависимости от напряжения).

Для определения различных эксплуатационных характеристик необходимо использовать эталонные газы с известной неопределенностью значения концентрации.

Примечание — Время отклика, повторяемость при нуле и в точке диапазона, проверка линейности, перекрестная чувствительность, дрейф нулевой точки и точки диапазона, чувствительность к температуре окружающей среды, чувствительность к электрическому напряжению систем *in situ* могут быть измерены с помощью внешней испытательной ячейки.

Е.2 Время отклика

Чтобы установить время отклика, время запаздывания, время нарастания и время спада, в непрерывную автоматическую измерительную систему вводят ступенчатую функцию измеряемой величины. Если в техническом задании не указано иное, ступень, создаваемая испытательной установкой, должна иметь время нарастания (от 10 % до 90 % изменения ступени) менее 10 % от времени усреднения, применяемого во время испытаний. Ступенчатое изменение испытательной установки должно соответствовать не менее 60 % диапазона измерения (см. рисунок Е.1). Если время нарастания и время спада различаются, для вычисления времени отклика необходимо использовать большее время.

Для приборов, в которых переходные колебания возникают по мере приближения к окончательному выходному сигналу, конечный выходной сигнал считается достигнутым, когда колебания попадают в пределы 10 % входного шага.

Примечание — Существенное различие между временем нарастания и временем спада показывает эффекты памяти, т. е. зависимость в результате измерений на значения измеряемой величины во время предыдущего измерения(й).

Е.3 Воспроизводимость при нуле и в точке диапазона

Е.3.1 Общие положения

Чтобы определить воспроизводимость на нуле и в точке диапазона, проводят несколько измерений при нуле и концентрации диапазона в соответствии с процедурами, описанными в Е.3.2 и Е.3.3. Стандартное отклонение и воспроизводимость рассчитывают для обеих серий измерений (нулевое значение и значение точки диапазона) в соответствии с ИСО 9169.

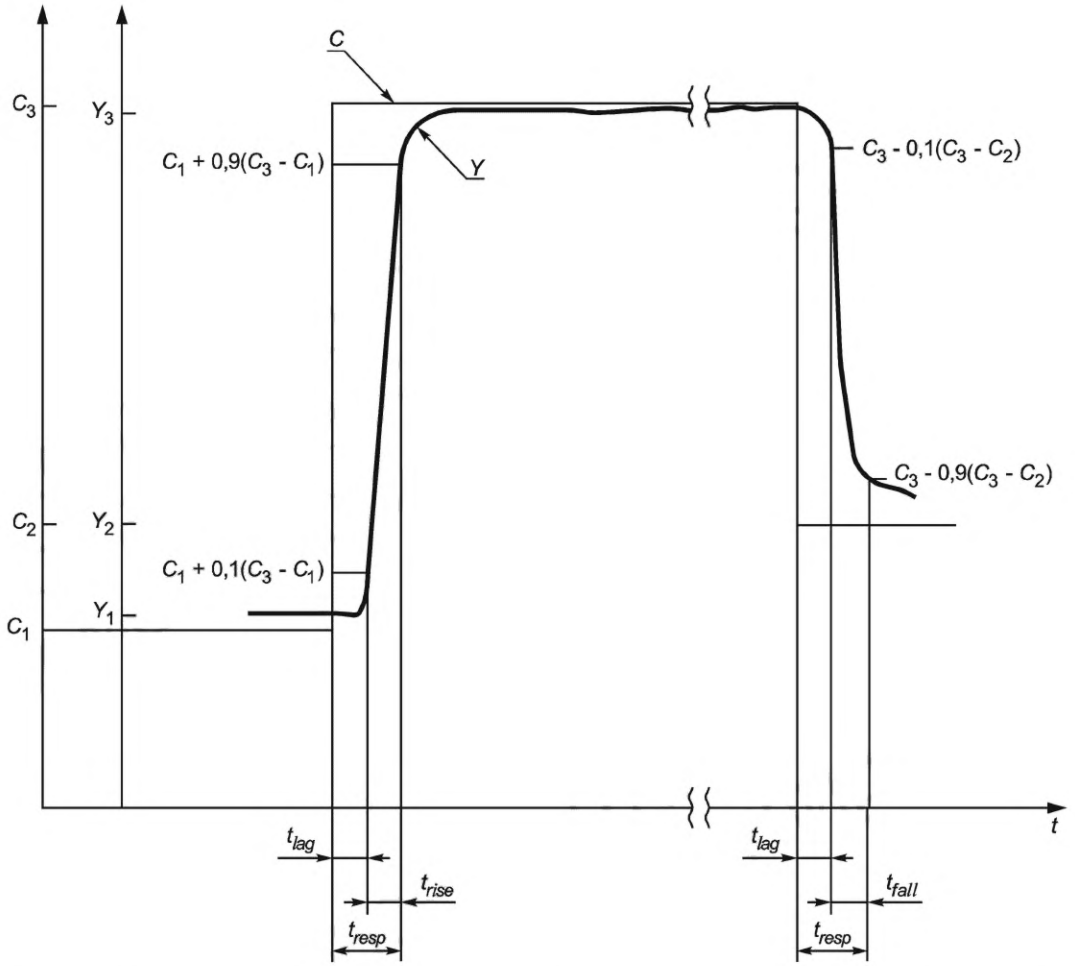
Е.3.2 Стандартное отклонение воспроизводимости в лаборатории в нулевой точке

Стандартное отклонение воспроизводимости в нулевой точке должно быть определено путем нанесения эталонного материала в нулевую точку (нулевой газ). Сначала настраивают нулевую точку анализатора. Затем подают нулевой газ на впуске нулевого и поверочного газа.

Если стандартное отклонение воспроизводимости в нулевой точке определяют во время испытания на несоответствие, используют стандартный образец с нулевой концентрацией, применяемый во время испытания.

Измеренные значения АИС в нулевой точке должны быть определены после нанесения эталонного материала путем ожидания времени, эквивалентного одному независимому показанию, а затем ввести нулевой газ или вернуться к дымовым газам, а затем измерить поверочную газовую смесь не менее 10 раз.

Полученные измеренные значения используют для определения стандартного отклонения воспроизводимости в нулевой точке по формуле (Е.1)



C_i — значение измеряемой величины в стандартном материале i; Y_i — выходной сигнал, полученный путем измерения измеряемой величины в стандартном материале i; t_{lag} — время задержки, t_{rise} — время нарастания; t_{fall} — время падения; t_{resp} — время отклика сигнала

Рисунок Е.1 — Иллюстрация временны́х характеристик автоматической измерительной системы; изменение выходного сигнала *Y* (выход) после изменения опорного значения *C* (вход) как функция времени *t*

$$s_r = \sqrt{\frac{\sum\left(x_i - \overline{x}\right)^2}{n-1}}, \qquad \text{(E.1)}$$

где s_r — стандартное отклонение воспроизводимости;

x_i — *i*-е измеренное значение;

$\overline{x}$ — среднее из измеренных значений x_i;

n — количество измерений.

Стандартное отклонение воспроизводимости в нулевой точке должно соответствовать критерию качества, указанному в таблице 1.

Е.3.3 Стандартное отклонение воспроизводимости в лаборатории в точке диапазона

Стандартное отклонение воспроизводимости в точке диапазона определяют путем применения эталонного материала (поверочной газовой смеси). Калибровочный газ должен подаваться на входе нулевого и калибровочного газа. Если стандартное отклонение воспроизводимости в точке диапазона определяют во время испытания на несоответствие, необходимо использовать наивысшее значение стандартного материала, примененного во время испытания.

Измеренные значения АИС в точке диапазона следует определить после нанесения эталонного материала путем ожидания времени, эквивалентного одному независимому показанию, а затем ввести нулевой газ или вернуться к дымовым газам, а затем измерить поверочную газовую смесь не менее 10 раз. Полученные измеренные сигналы используют для определения стандартного отклонения воспроизводимости в точке диапазона по формуле (Е.1).

Стандартное отклонение воспроизводимости в точке диапазона должно соответствовать критерию качества, указанному в таблице 1.

Е.4 Несоответствие (линейность)

Несоответствие (линейность) необходимо проверить в лаборатории путем подачи нулевого газа и не менее четырех поверочных газовых смесей с концентрациями, равномерно распределенными по выбранному диапазону измерения. Различные концентрации газа могут быть получены с использованием системы разбавления.

Поверочные газы следует подавать в таком порядке, чтобы избежать эффектов гистерезиса.

Для каждого тестового газа с принятым значением c_i выполняют не менее трех последовательных измерений, каждое из которых усредняется по меньшей мере за одно время отклика.

Отклонение e_i (несоответствие) должно определяться на основе линейной регрессии, как описано в ИСО 9169. В этой процедуре испытания устанавливают линию регрессии между показаниями прибора АИС (значения x) и значения тестового газа (значения c). На следующем этапе вычисляют среднее значение $\overline{x}_i$ показаний АИС для каждой концентрации тестового газа. Затем по формуле (Е.2) рассчитывают отклонение (несоответствие) среднего от соответствующего значения $\hat{x}_i$, оцененное линией регрессии

$$e_i = \left|\hat{x}_i - \overline{x}_i\right|. \qquad (Е.2)$$

Отклонения e_i при каждой концентрации испытательного газа должны соответствовать критерию эффективности, указанному в таблице 1.

Если критерий эксплуатационных характеристик не соблюдается, отклик прибора должен быть скорректирован.

Е.5 Дрейф нулевой точки и точки диапазона для проверки производительности

Дрейф нулевой точки и точки диапазона оценивают путем применения не менее 10 последовательностей нуля и точек диапазона, равномерно распределенных в течение 24 ч, и расчета для каждой концентрации наклона линейной регрессии в соответствии с ИСО 9169.

Нулевой газ и поверочную газовую смесь следует подавать в АИС в начале испытания, а затем повторно подавать в течение 24-часового периода, как описано выше, и отклонения между измеренными значениями в нулевой точке и в точке диапазона и номинальными значениями должны соответствовать критерию эксплуатационных характеристик, указанному в таблице 1.

Е.6 Дрейф нулевой точки и точки диапазона для периодических испытаний

Регулировку прибора с помощью нулевого и поверочного газа или других стандартных образцов следует проводить не реже одного раза в период автономной работы. Испытания приборов для периодических измерений необходимо проводить в начале каждой серии измерений.

Нулевой газ, поверочная газовая смесь или другие стандартные образцы должны использоваться при тех же условиях потока и давления, что и для условий измерения. Для нулевого и поверочного газа следует использовать порт отбора пробы прибора или процедуру в соответствии с инструкциями производителя. Отклонения между измеренными значениями в нулевой точке и в точке диапазона и номинальными значениями должны соответствовать критерию рабочих характеристик, указанному в таблице 1.

Е.7 Чувствительность к температуре окружающей среды при изменении на 20 К в диапазоне температур, указанном изготовителем

Испытательная лаборатория должна определить, как на значения нуля и диапазона АИС влияют изменения температуры окружающей среды, используя климатическую камеру, которая может контролировать температуру окружающей среды от минус 20 °С до 50 °С в пределах ±1,0 К.

В случае установки АИС на открытом воздухе в климатической камере должны быть установлены следующие температуры в заданном порядке последовательности:

20 °С → 0 °С → –20 °С → 20 °С → 50 °С → 20 °С.

В случае установки АИС в местах с регулируемой температурой должны быть установлены следующие температуры в заданной последовательности:

20 °С → 5 °С → 20 °С → 40 °С → 20 °С.

После достаточного периода времени выхода на режим измеренные сигналы АИС в нулевой точке и в точках диапазона должны быть определены при каждой температуре путем ожидания времени, эквивалентного одному независимому показанию, а затем записи трех последовательных индивидуальных показаний. Три отдельных показания должны быть усреднены.

Испытательная лаборатория должна выждать не менее 6 ч между каждым изменением температуры в климатической камере, чтобы позволить АИС выйти на режим, прежде чем снимать дальнейшие показания.

В качестве альтернативы испытательная лаборатория может контролировать показания АИС после каждого изменения температуры. Если прибор стабилизируется менее чем за 6 ч, испытательная лаборатория может сократить время выхода на режим. Однако испытательная лаборатория должна регистрировать объективные и поддающиеся проверке свидетельства, подтверждающие это.

АИС должен оставаться включенным при изменении температуры окружающей среды в климатической камере.

Необходимо определить отклонения между средним показанием при каждой температуре и средним показанием при 20 °С. Отклонения должны соответствовать применимым критериям эффективности, указанным в

таблице 1 для всех температур. Испытание следует повторить три раза в нулевой точке и три раза в точке диапазона. Если АИС соответствует критерию производительности в два или более раза для первого теста, то любое последующее тестирование может быть пропущено.

Должны быть указаны отдельные показания, средние значения и отклонения при каждой температуре, а также максимальное отклонение в нулевой точке и в точке диапазона.

Е.8 Чувствительность к давлению измеряемого газа при его изменении на 2 кПа

Испытательная лаборатория должна определить влияние колебаний давления газа пробы на реакцию АИС. Образец должен представлять собой азот, содержащий измеряемый компонент в концентрации от 70 % до 80 % верхнего предела диапазона измерения.

Примечание — Влияние давления пробы газа обычно относится к АИС в условиях применения, но не к экстрактивной АИС, поскольку проба газа кондиционируется и обычно не подвергается значительным изменениям температуры и давления в анализаторе.

Для оценки чувствительности АИС *in-situ* к давлению газа для отбора пробы обычно используется терморегулируемая ячейка (в большинстве случаев со стандартной длиной оптического пути 1 м), которая продувается нулевым или калибровочным газом, и давление газа в ячейке может быть изменено с помощью подключенного насоса.

Испытательная лаборатория должна измерить выходной сигнал АИС, когда давление газа пробы составляет:

- атмосферное давление окружающей среды,
- примерно на 2 кПа выше атмосферного давления в пределах ±0,2 кПа и
- примерно на 2 кПа ниже атмосферного давления в пределах ±0,2 кПа.

В течение периода измерения температуру необходимо поддерживать стабильной с точностью ±1,0 К.

Измеренные сигналы АИС следует определять при каждом давлении путем ожидания времени, эквивалентного одному независимому показанию, а затем записи трех последовательных индивидуальных показаний. Три отдельных показания должны быть усреднены.

Необходимо определить отклонения между средним показанием при каждом давлении и средним показанием при атмосферном давлении окружающей среды. Отклонения должны соответствовать применимым критериям эффективности, указанным в таблице 1.

Необходимо зарегистрировать отдельные показания, средние значения и отклонения при каждом давлении, а также максимальное отклонение.

Е.9 Влияние потока анализируемого газа на экстрактивную АИС

Первоначально АИС должна работать с расходом, указанным изготовителем. Затем его следует изменить на самый низкий расход, указанный изготовителем.

Примечание — Влияние потока анализируемого газа обычно относится к экстрактивному АИС, поскольку на АИС *in situ* скорость потока в основном не влияет.

Если документация изготовителя допускает лишь незначительные допуски, они являются обязательными и не должны расширяться.

Измеренные сигналы АИС в нулевой точке и точке чувствительности должны быть определены для обоих значений расхода путем выдержки времени, эквивалентного одному независимому показанию, и последующей записи трех последовательных отдельных показаний. Три отдельных показания должны быть усреднены.

Необходимо определить отклонение между средними показаниями при обоих значениях расхода. Отклонение должно соответствовать применимым критериям эффективности, указанным в таблице 1.

Это испытание должно быть повторено три раза в нулевой точке и три раза в точке диапазона. Если АИС соответствует критерию производительности в два или более раза для первого испытания, то любое последующее испытание можно не проводить.

Необходимо зарегистрировать отдельные показания, средние значения и отклонения, а также максимальное отклонение.

В это время должна быть проверена работа любого сигнала состояния неисправности в отношении расхода.

Е.10 Чувствительность к электрическому напряжению

Электрическое напряжение АИС должно изменяться с помощью изолирующего трансформатора с шагом 5 % от номинального напряжения питания до как минимум верхнего и нижнего пределов, указанных изготовителем. Измеренные сигналы АИС в нулевой точке и в точке диапазона необходимо определять при каждом напряжении путем ожидания времени, эквивалентного одному независимому показанию, а затем записи трех последовательных индивидуальных показаний. Три отдельных показания должны быть усреднены.

Примечание — После изменений напряжения АИС может потребоваться время для стабилизации. Должны быть определены отклонения между средним показанием при каждом напряжении и средним показанием при номинальном напряжении питания.

Отклонения должны соответствовать применимым критериям эффективности, указанным в таблице 1 для всех напряжений. Это испытание следует повторить три раза в нулевой точке и три раза в точке диапазона. Если АИС соответствует критерию производительности в два или более раза для первого теста, то любое последующее тестирование может быть пропущено.

Должны быть указаны отдельные показания, средние значения и отклонения при каждом напряжении, а также максимальное отклонение в нулевой точке и в точке диапазона.

Е.11 Перекрестная чувствительность

Влияние потенциально мешающих веществ, также присутствующих в дымовом газе, необходимо определять путем подачи смесей испытательного газа на вход АИС (перед охладителем испытательного газа, если он имеется). Газовые смеси должны производиться с помощью системы смешивания, в которой к газам добавляется мешающее вещество для нулевой точки и точки диапазона. Система смешивания должна соответствовать национальным стандартам и иметь максимальную расширенную неопределенность 1 %. Стандартные образцы (например, газы) должны быть сертифицированы (прослеживаться до национальных стандартов) и иметь расширенную неопределенность не более 2 %.

Мешающие вещества и их концентрации определяют в зависимости от принципа измерения и предполагаемой цели измерения. Исследуют мешающие вещества, перечисленные в таблице Е.1.

Испытательный газ подают без мешающих веществ, а затем с ними. Измеренные сигналы АИС необходимо определять для каждого испытательного газа путем ожидания времени, эквивалентного одному независимому показанию, а затем записи трех последовательных индивидуальных показаний. Три отдельных показания должны быть усреднены.

Отклонения между средним показанием с учетом и средним показанием без мешающих веществ, присутствующих в нулевой точке и точке диапазона, следует определять для каждого источника мешающих веществ.

Все положительные отклонения выше 0,5 % от концентрации поверочного газа должны быть суммированы, а все отрицательные отклонения ниже минус 0,5 % от концентрации поверочного газа должны быть суммированы как в нулевой точке, так и в точке диапазона. Максимальное из абсолютных значений четырех сумм должно соответствовать критериям качества, указанным в таблице 1.

Необходимо указывать отдельные показания, средние значения и отклонения в нулевой точке и точке диапазона и для всех источников мешающих веществ, а также максимальное отклонение.

Таблица Е.1 — Концентрации мешающих веществ, используемых во время испытаний на перекрестную чувствительность

Мешающее вещество	Массовая или объемная концентрация	
	Значение	Ед. изм.
O_2	3[a] и 21	%
H_2O	30	%
CO	300	мг/м^3
CO_2	15	%
CH_4	50	мг/м^3
N_2O	20	мг/м^3
N_2O (сжигание)	100	мг/м^3
NH_3	20	мг/м^3
SO_2	200	мг/м^3
SO_2 (угольные электростанции без сероочистки)	1000	мг/м^3
HCl	50	мг/м^3
HCl (угольные электростанции)	200	мг/м^3
[a] Вместо испытания без мешающих веществ проводят испытание с концентрацией кислорода 3 %.		

Е.12 Проверка потерь в пробоотборной линии и системе кондиционирования

Потери в пробоотборной линии и системе кондиционирования проверяют путем подачи нулевого газа и поверочного газа в анализатор через систему отбора проб как можно ближе к соплу (перед фильтром, если возможно) и,

во-вторых, непосредственно к анализатору. Возможные примеси во всей системе могут привести к эффекту памяти из-за адсорбции или десорбции на поверхности или с поверхности. Различия должны быть менее 2 %.

Эталонный газ должен иметь концентрацию NO (NO_2) от 70 % до 80 % диапазона измерения или концентрации NO_2 (при контроле NO_x с помощью конвертера NO_2/NO). В случае мониторинга NO_x с использованием конвертера NO_2/NO при концентрации NO_2, превышающей 5 % NO_x, различия для NO_2 должно составлять менее 20 %.

Е.13 Проверка утечки в линии отбора проб и системе кондиционирования

Система отбора проб должна быть проверена на герметичность. Процедура проверки на герметичность следующая:

- собирают всю систему отбора проб, включая заправку корпуса фильтра и поглотителей;
- прогревают пробоотборник до рабочей температуры;
- закрывают входное отверстие форсунки;
- закрывают форсунку и включают насос(ы);
- после достижения минимального давления определяют расход.

Е.14 Отклонение измерительного луча поперечного сечения *in situ* АИС

Испытательная лаборатория должна постепенно и точно отклонять узлы передатчика и приемника АИС в горизонтальной и вертикальной плоскостях, а затем записывать измеренные сигналы с использованием стандартных образцов.

Примечание 1 — Этот тест обычно применяется к оптическим методам кросс-суммирования *in situ*. Испытание также применимо к экстрактивному АИС с отдельными узлами передатчика и приемника. Экстрактивные системы, использующие анализатор *in situ*, должны быть надежно закреплены на оптической установке и, следовательно, не подлежат этому.

Примечание 2 — Для этого испытания требуются калибровочные стандарты (например, эталонные фильтры) и оптический стенд.

Примечание 3 — Как правило, испытание проводят при максимальной практической длине пути.

Отклонения должны выполняться как для положения нулевой точки, так и для точки диапазона приблизительно от 70 % до 90 % выходного диапазона на двух типичных длинах измерительного пути. Сначала выполняют отклонение передатчика и записывают данные. Затем сбрасывают положение, выполняют отклонение приемника и фиксируют изменение. Эти процессы повторяют.

Диапазон отклонения должен быть как минимум в два раза больше угла, указанного изготовителем. Он также должен быть проверен до предела прогиба, допускаемого узлами, — при необходимости с большим шагом.

Необходимо исследовать эффективность любых средств ручной оптической настройки. Процессы автоматической настройки должны быть активированы и включены в испытание.

Измеренные сигналы, полученные на различных этапах испытаний, необходимо включить в отчет об испытаниях в табличной форме. Эти измеренные сигналы должны быть связаны с углами отклонения.

Должны быть указаны максимально допустимые углы отклонения, в пределах которых АИС удовлетворяет критерию эффективности. В случае автоматической юстировки АИС необходимо описать и подтвердить порядок работы с помощью результатов испытаний.

Приложение F
(справочное)

Примеры характеристик автоматических измерительных систем (АИС) для оценки NO_x

F.1 Измерение NO и NO_2 (NO_x)

Результаты испытаний в соответствии с эксплуатационными характеристиками приложения Е для измерения содержания NO и/или NO_2 с использованием методов экстракции холодным сухим или горячим влажным способом (ХЛ, НДИК, ИКПФ, НДУФ) и методов *in situ* (ДОАС) приведены в таблицах F.1—F.4.

Примечание — Большинство данных, перечисленных в таблицах G.1—G.4, относится к результатам испытаний [8].

Таблица F.1 — Эксплуатационные характеристики для косвенного измерения NO и/или NO_2 дифференциальными методами NO_x

Эксплуатационные характеристики	Критерий эффективности	Холодно-сухая экстракция		
		ХЛ-1	ХЛ-2	
Типичный низкий диапазон		NO 134 мг/м^3	NO 90 мг/м^3	NO_x 90 мг/м^3
Время отклика	≤ 200 с	56 с	140 с	140 с
Стандартное отклонение воспроизводимости в нулевой точке	≤ 2 % верхнего предела наименьшего используемого диапазона измерения	0,0 %	0,18 %	0,20 %
Стандартное отклонение воспроизводимости в точке диапазона	≤ 2 % верхнего предела наименьшего используемого диапазона измерения	0,1 %	0,30 %	0,0 %
Несоответствие	≤ 2 % верхнего предела наименьшего используемого диапазона измерения	0,82 %	0,70 %	0,80 %
Дрейф нулевой точки в период автономной работы	≤ 3 % верхнего предела наименьшего используемого диапазона измерения	0,3 %	1,0 %	0,9 %
Дрейф точки диапазона в период автономной работы	≤ 3 % верхнего предела наименьшего используемого диапазона измерения	3,0 %	3,0 %	–2,7 %
Чувствительность к температуре окружающей среды при изменении на 20 К в диапазоне температур, указанном производителем	≤ 5 % верхнего предела наименьшего используемого диапазона измерения	–2,0 %	3,5 %	4,5 %
Чувствительность к давлению измеряемого газа при изменении давления на 3 кПа	≤ 2 % верхнего предела наименьшего используемого диапазона измерения			
Чувствительность к потоку анализируемого газа для экстрактивной АИС	≤ 2 % верхнего предела наименьшего используемого диапазона измерения	–0,7 %	<2,0 %	<2,0 %
Чувствительность к электрическому напряжению в пределах от 15 % ниже или от 10 % выше номинального напряжения, указанного производителем	≤ 2 % верхнего предела наименьшего используемого диапазона измерения	0,0 %	–0,30 %	0,40 %
Влияние вибрации	≤ 2 % верхнего предела наименьшего используемого диапазона измерения	—	—	—

Окончание таблицы F.1

Эксплуатационные характеристики	Критерий эффективности	Холодно-сухая экстракция		
		ХЛ-1	ХЛ-2	
Перекрестная чувствительность	≤ 4 % верхнего предела наименьшего используемого диапазона измерения	3,81 %	-0,13 %	-2,7 %
Отклонение измерительного луча АИС *in situ*	≤ 2 % измеренного значения наименьшего используемого диапазона измерения	—	—	
КПД конвертера NO_2/NO		100 %		96,9 %

Таблица F.2 — Примеры результатов эксплуатационных испытаний для измерения NO и/или NO_2 с использованием методов холодной и сухой экстракции НДИК и НДУФ

Эксплуатационные характеристики	Критерий эффективности	Холодно-сухая экстракция		
		НДИК	НДУФ	
Типичный низкий диапазон		NO_x 100 мг/м^3	NO 33,5 мг/м^3	NO_2 125 мг/м^3
Время отклика	≤ 200 с	60 с	62 с	58 с
Стандартное отклонение воспроизводимости в нулевой точке	≤ 2 % верхнего предела наименьшего используемого диапазона измерения	0,1 %	0,05 %	0,04 %
Стандартное отклонение воспроизводимости в точке диапазона	≤ 2 % верхнего предела самого низкого используемого диапазона измерения	0,2 %	0,07 %	0,13 %
Несоответствие	≤ 2 % верхнего предела самого низкого используемого диапазона измерения	0,30 %	0,20 %	0,92 %
Дрейф нулевой точки в течение 24 ч	≤ 2 % верхнего предела самого низкого используемого диапазона измерения	0,12		
Дрейф точки диапазона в течение 24 ч	≤ 2 % верхнего предела самого низкого используемого диапазона измерения	–0,19		
Дрейф нулевой точки в период автономной работы	≤ 3 % верхнего предела самого низкого используемого диапазона измерения	0,94 %	0,8 %	-3,0 %
Дрейф точки диапазона в период автономной работы	≤ 3 % верхнего предела самого низкого используемого диапазона измерения	–2,81 %	–1,6 %	–2,9 %
Чувствительность к температуре окружающей среды при изменении на 20 К в диапазоне температур, указанном производителем	≤ 5 % верхнего предела наименьшего используемого диапазона измерения	1,9 %	0,91 %	-1,24 %
Чувствительность к давлению измеряемого газа при изменении давления на 3 кПа	≤ 2 % верхнего предела наименьшего используемого диапазона измерения			
Чувствительность к потоку анализируемого газа для экстрактивной АИС	≤ 2 % верхнего предела наименьшего используемого диапазона измерения	0,4 %	0,21 %	–1,31 %

Окончание таблицы F.2

Эксплуатационные характеристики	Критерий эффективности	Холодно-сухая экстракция		
		НДИК	НДУФ	
Чувствительность к электрическому напряжению в пределах от 15 % ниже или от 10 % выше номинального напряжения, указанного производителем	≤ 2 % верхнего предела наименьшего используемого диапазона измерения	–0,9 %	0,23 %	0,19 %
Перекрестная чувствительность	≤ 4 % верхнего предела наименьшего используемого диапазона измерения	3,00 %	1,35 %	1,96 %
Отклонение измерительного луча АИС *in situ*	≤ 2 % измеренного значения наименьшего используемого диапазона измерения	—	—	
КПД конвертера NO_2/NO		97,6 %		

Таблица F.3 — Примеры результатов эксплуатационных испытаний для измерения NO и/или NO_2 с использованием методов ИКПФ с экстракцией в горячем и влажном состоянии

Эксплуатационные характеристики	Критерий эффективности	Горяче-влажная экстракция	
		ИКПФ	
Типичный низкий диапазон		NO 150 мг/м^3	NO_2 80 мг/м^3
Время отклика	≤ 200 с	134 с	172 с
Стандартное отклонение воспроизводимости в нулевой точке	≤ 2 % верхнего предела наименьшего используемого диапазона измерения	0,1 %	0,3 %
Стандартное отклонение воспроизводимости в точке диапазона	≤ 2 % верхнего предела наименьшего используемого диапазона измерения	0,1 %	1,4 %
Несоответствие	≤ 2 % верхнего предела наименьшего используемого диапазона измерения	–0,27 %	0,10 %
Дрейф нулевой точки в период автономной работы	≤ 3 % верхнего предела наименьшего используемого диапазона измерения	0,2 %	1,0 %
Дрейф точки диапазона в период автономной работы	≤ 3 % верхнего предела наименьшего используемого диапазона измерения	1,3 %	1,3 %
Чувствительность к температуре окружающей среды при изменении на 20 К в диапазоне температур, указанном производителем	≤ 5 % верхнего предела наименьшего используемого диапазона измерения	–0,4 %	–1,5 %
Чувствительность к давлению измеряемого газа при изменении давления на 3 кПа	≤ 2 % верхнего предела наименьшего используемого диапазона измерения		
Чувствительность к потоку анализируемого газа для экстрактивной АИС	≤ 2 % верхнего предела наименьшего используемого диапазона измерения	–0,9 %	–1,4 %
Чувствительность к электрическому напряжению в пределах от 15 % ниже или от 10 % выше номинального напряжения, указанного производителем	≤ 2 % верхнего предела наименьшего используемого диапазона измерения	0,5 %	0,3 %
Перекрестная чувствительность	≤ 4 % верхнего предела наименьшего используемого диапазона измерения	–1,67 %	2,95 %

Окончание таблицы F.3

Эксплуатационные характеристики	Критерий эффективности	Горяче-влажная экстракция	
		ИКПФ	
Отклонение измерительного луча АИС *in situ*	≤ 2 % измеренного значения наименьшего используемого диапазона измерения	—	
КПД конвертера NO_2/NO			

Таблица F.4 — Примеры результатов эксплуатационных испытаний для измерения NO с использованием методов *in situ* (ДОАС)

Эксплуатационные характеристики	Критерий эффективности	*In situ*	
		ДОАС Перекрестный луч	ДОАС Точечный мониторинг
Типичный низкий диапазон		NO 70 мг/м^3	NO 70 мг/м^3
Время отклика	≤ 200 с	39 с	39 с
Стандартное отклонение воспроизводимости в нулевой точке	≤ 2 % верхнего предела наименьшего используемого диапазона измерения	0,09 %	0,13 %
Стандартное отклонение воспроизводимости в точке диапазона	≤ 2 % верхнего предела наименьшего используемого диапазона измерения	0,32 %	0,22 %
Несоответствие	≤ 2 % верхнего предела наименьшего используемого диапазона измерения	–0,9 %	–0,9 %
Дрейф нулевой точки в период автономной работы	≤ 3 % верхнего предела наименьшего используемого диапазона измерения	0,9 %	0,4 %
Дрейф точки диапазона в период автономной работы	≤ 3 % верхнего предела наименьшего используемого диапазона измерения	–2,3 %	1,6 %
Чувствительность к температуре окружающей среды при изменении на 20 К в диапазоне температур, указанном производителем	≤ 5 % верхнего предела наименьшего используемого диапазона измерения	0,6 %	0,6 %
Чувствительность к давлению измеряемого газа при изменении давления на 3 кПа	≤ 2 % верхнего предела наименьшего используемого диапазона измерения	–0,1 %	–0,1 %
Чувствительность к потоку анализируемого газа для экстрактивной АИС	≤ 2 % верхнего предела наименьшего используемого диапазона измерения		
Чувствительность к электрическому напряжению в пределах от 15 % ниже или от 10 % выше номинального напряжения, указанного производителем	≤ 2 % верхнего предела наименьшего используемого диапазона измерения	0,3 %	0,3 %
Влияние вибрации	≤ 2 % верхнего предела наименьшего используемого диапазона измерения	–0,9 %	–0,9 %
Перекрестная чувствительность	≤ 4 % верхнего предела наименьшего используемого диапазона измерения	3,6 %	3,6 %
Отклонение измерительного луча АИС *in situ*	≤ 2 % измеренного значения наименьшего используемого диапазона измерения	–1,0 %	–0,1 %
КПД конвертера NO_2/NO			

Приложение G
(справочное)

Расчет неопределенности измерения NO, NO_2 или NO_x

G.1 Общие положения

Уравнения модели в этом приложении, а также расчеты составляющих неопределенностей связаны со значениями, измеренными анализатором и выраженными в мг/м^3 (NO, NO_2 или NO_x). Процедуры расчета стандартной неопределенности, связанной с измерением, приведены в ИСО 20988.

G.2 Результаты расчета неопределенности

Количественную оценку влияния выбранных эксплуатационных характеристик как стандартную составляющую неопределенности рассчитывают в соответствии с ИСО 14956.

Общую стандартную неопределенность $u(\gamma_{NO})$ и расширенную неопределенность $u(\gamma_{NO})$ ассчитывают следующим образом:

$$u(\gamma_{NO}) = \sqrt{u_{r,0}^2 + u_{r,s}^2 + u_{lof}^2 + u_{d,0}^2 + u_{d,s}^2 + u_{inf,p}^2 + u_{inf,T}^2 + u_{inf,V}^2 + u_{i,NO}^2 + u_{mb}^2}\ , \quad (G.1)$$

$$U(\gamma_{NO}) = k \cdot u(\gamma_{NO}) = 1{,}96\ u(\gamma_{NO}), \quad (G.2)$$

где k — коэффициент охвата (= 1,96).

Таблица G.1 — Результаты расчета неопределенности результатов эксплуатационных испытаний для измерения NO и/или NO_2 с использованием методов холодной и сухой экстракции (ХЛ)

Эксплуатационные характеристики	Составляющая неопределенности	Значение стандартной неопределенности на верхнем пределе самого нижнего используемого диапазона измерения (мг/м^3)		
		ХЛ-1	ХЛ-2	
Типичный самый низкий диапазон		NO 0—134 мг/м^3	NO 0 — 90 мг/м^3	NO_x 0—90 мг/м^3
Стандартное отклонение повторяемости в нулевой точке	$u_{r,0}$	0,0 % · 134 = 0,0	0,18 % · 90 = 0,16	0,20 % · 90 = 0,18
Стандартное отклонение воспроизводимости в точке диапазона	$u_{r,s}$	0,1 % · 134 = 0,13	0,3 % · 90 = 0,27	0,0 % · 90 = 0,0
Несоответствие	u_{lof}	$\frac{0{,}82\ \% \cdot 134}{\sqrt{3}} = 0{,}63$	$\frac{0{,}70\ \% \cdot 90}{\sqrt{3}} = 0{,}36$	$\frac{0{,}80\ \% \cdot 90}{\sqrt{3}} = 0{,}42$
Дрейф нулевой точки на период автономной работы	$u_{d,0}$	$\frac{0{,}30\ \% \cdot 134}{\sqrt{3}} = 0{,}23$	$\frac{1{,}0\ \% \cdot 90}{\sqrt{3}} = 0{,}52$	$\frac{0{,}90\ \% \cdot 90}{\sqrt{3}} = 0{,}47$
Дрейф точки диапазона на период автономной работы	$u_{d,s}$	$\frac{3{,}0\ \% \cdot 134}{\sqrt{3}} = 2{,}3$	$\frac{3{,}0\ \% \cdot 90}{\sqrt{3}} = 1{,}6$	$\frac{-2{,}7\ \% \cdot 90}{\sqrt{3}} = 1{,}4$
Чувствительность к температуре окружающей среды при изменении 20 К в диапазоне температур, указанном производителем	$u_{inf,T}$	$\frac{-2{,}0\ \% \cdot 134}{\sqrt{3}} = 1{,}5$	$\frac{3{,}5\ \% \cdot 90}{\sqrt{3}} = 1{,}8$	$\frac{4{,}5\ \% \cdot 90}{\sqrt{3}} = 2{,}3$
Чувствительность к давлению измеряемого газа при изменении давления на 3 кПа	$u_{inf,p}$			
Чувствительность к расходу анализируемого газа для экстрактивных АИС	$u_{inf,f}$	$\frac{0{,}70\ \% \cdot 134}{\sqrt{3}} = 0{,}54$	$\frac{2{,}0\ \% \cdot 90}{\sqrt{3}} = 1{,}0$	$\frac{2{,}0\ \% \cdot 90}{\sqrt{3}} = 1{,}0$
Чувствительность к электрическому напряжению в пределах от 15 % ниже или от 10 % выше номинального напряжения, указанного производителем	$u_{inf,V}$	$\frac{0{,}0\ \% \cdot 134}{\sqrt{3}} = 0{,}0$	$\frac{-0{,}3\ \% \cdot 90}{\sqrt{3}} = 0{,}16$	$\frac{0{,}4\ \% \cdot 90}{\sqrt{3}} = 0{,}2$

Окончание таблицы G.1

Эксплуатационные характеристики	Составляющая неопределенности	Значение стандартной неопределенности на верхнем пределе самого нижнего используемого диапазона измерения (мг/м^3)		
		ХЛ-1	ХЛ-2	
Перекрестная чувствительность	$u_{i,NO}$	$\frac{3,81\,\% \cdot 134}{\sqrt{3}} = 2,9$	$\frac{0,13\,\% \cdot 90}{\sqrt{3}} = 0,07$	$\frac{-2,7\,\% \cdot 90}{\sqrt{3}} = 1,4$
Перемещение измерительного луча в *in situ* АИС	u_{mb}			
Эффективность конвертера NO_2/NO для NO_x АИС	u_{ce}	0		$\frac{(1-0,97) \cdot 90}{\sqrt{3}} = 1,6$

G.2.1 Хемилюминесцентный тип АИС

G.2.1.1 ХЛ-1

NO

Суммарную неопределенность $u(\gamma_{NO})$ рассчитывают с использованием уравнения (G.1) и значения каждой частной стандартной неопределенности, приведенной в таблице G.1.1 в качестве примера:

$$u(\gamma_{NO}) = \sqrt{0,0^2 + 0,13^2 + 0,63^2 + 0,23^2 + 2,3^2 + 1,5^2 + 0,54^2 + 0,0^2 + 2,9^2} = \sqrt{16,9} = 4,1 \text{ мг/м}^3 .$$

Таким образом, расширенную неопределенность $U(\gamma_{NO})$ рассчитывают как 1,96 · 4,1 = 8,0 мг/м^3 (6,0 % диапазона).

G.2.1.2 ХЛ-2

NO

На основании данных, перечисленных в четвертом столбце таблицы G.1.1, суммарную неопределенность на верхнем пределе нижнего диапазона измерения 90 мг/м^3 оценивают в 2,71 мг/м^3.

Таким образом, расширенную неопределенность $U(\gamma_{NO})$ рассчитывают как 5,3 мг/м^3 (5,9 % диапазона).

NO_x

На основании данных, приведенных в пятом столбце таблицы G.1.1, суммарную неопределенность на верхнем пределе нижнего диапазона измерения 90 мг/м^3 оценивают как 3,63 мг/м^3.

Таким образом, расширенную неопределенность $U(\gamma_{NO})$ рассчитывают как 7,1 мг/м^3 (7,9 % диапазона).

Таблица G.2 — Результаты расчета неопределенности результатов эксплуатационных испытаний для измерения NO и/или NO_2 с использованием методов холодной и сухой экстракции (НДИК и НДУФ)

Эксплуатационные характеристики	Составляющая неопределенности	Значение стандартной неопределенности на верхнем пределе самого нижнего используемого диапазона измерения (мг/м^3)		
		НДИК	НДУФ	
Типичный самый низкий диапазон		NO 100 мг/м^3	NO 33,5 мг/м^3	NO_x 125 мг/м^3
Стандартное отклонение повторяемости на нуле	$u_{r,0}$	0,1 % · 100 = 0,1	0,05 % · 33,5 = 0,02	0,04 % · 125 = 0,05
Стандартное отклонение воспроизводимости в точке диапазона	$u_{r,s}$	0,2 % · 100 = 0,2	0,07 % · 33,5 = 0,02	0,13 % · 125 = 0,16
Несоответствие	u_{lof}	$\frac{0,3\,\% \cdot 100}{\sqrt{3}} = 0,17$	$\frac{0,2\,\% \cdot 33,5}{\sqrt{3}} = 0,04$	$\frac{0,92\,\% \cdot 125}{\sqrt{3}} = 0,66$
Дрейф нулевой точки за 24 ч	$u_{d,0}$	$\frac{0,12\,\% \cdot 100}{\sqrt{3}} = 0,07$		
Дрейф точки диапазона за 24 ч	$u_{d,s}$	$\frac{0,19\,\% \cdot 100}{\sqrt{3}} = 0,11$		
Дрейф нулевой точки на период автономной работы	$u_{d,0}$	$\frac{0,94\,\% \cdot 100}{\sqrt{3}} = 0,54$	$\frac{0,8\,\% \cdot 33,5}{\sqrt{3}} = 0,15$	$\frac{3,0\,\% \cdot 125}{\sqrt{3}} = 2,2$

Окончание таблицы G.2

Эксплуатационные характеристики	Составляющая неопределенности	Значение стандартной неопределенности на верхнем пределе самого нижнего используемого диапазона измерения (мг/м^3)		
		НДИК	НДУФ	
Дрейф точки диапазона на период автономной работы	$u_{d,s}$	$\frac{2,81\ \% \cdot 100}{\sqrt{3}} = 1,6$	$\frac{1,6\ \% \cdot 33,5}{\sqrt{3}} = 0,30$	$\frac{2,9\ \% \cdot 125}{\sqrt{3}} = 2,1$
Чувствительность к температуре окружающей среды при изменении на 20 К в диапазоне температур, указанном производителем	$u_{inf,T}$	$\frac{1,9\ \% \cdot 100}{\sqrt{3}} = 1,1$	$\frac{0,91\ \% \cdot 33,5}{\sqrt{3}} = 0,18$	$\frac{1,24\ \% \cdot 125}{\sqrt{3}} = 0,90$
Чувствительность к давлению измеряемого газа при изменении давления на 3 кПа	$u_{inf,p}$			
Чувствительность к расходу анализируемого газа для экстрактивных АИС	$u_{inf,f}$	$\frac{0,4\ \% \cdot 100}{\sqrt{3}} = 0,23$	$\frac{0,21\ \% \cdot 33,5}{\sqrt{3}} = 0,04$	$\frac{1,31\ \% \cdot 125}{\sqrt{3}} = 0,95$
Чувствительность к электрическому напряжению в диапазоне напряжения, указанном производителем	$u_{inf,V}$	$\frac{-0,9\ \% \cdot 100}{\sqrt{3}} = 0,53$	$\frac{0,21\ \% \cdot 33,5}{\sqrt{3}} = 0,04$	$\frac{0,19\ \% \cdot 125}{\sqrt{3}} = 0,14$
Перекрестная чувствительность	$u_{i,NO}$	$\frac{3,0\ \% \cdot 100}{\sqrt{3}} = 1,7$	$\frac{1,35\ \% \cdot 33,5}{\sqrt{3}} = 0,26$	$\frac{1,96\ \% \cdot 125}{\sqrt{3}} = 1,4$
Перемещение измерительного луча в *in situ* АИС	u_{mb}			
Эффективность конвертера NO_2/NO для NO_x АИС	u_{ce}	$\frac{0,05(1-0,98) \cdot 100}{\sqrt{3}} = 0,06$		

G.2.2 АИС тип НДИК

G.2.2.1 NO_x

На основании данных, перечисленных в третьем столбце таблицы G.1.2, суммарную неопределенность на верхнем пределе нижнего диапазона измерения 100 мг/м^3 оценивают как 2,70 мг/м^3.

Таким образом, расширенную неопределенность $U(\gamma_{NO_x})$ рассчитывают как 5,3 мг/м^3 (5,3 % диапазона).

G.2.3 АИС типа НДУФ

G.2.3.1 NO

На основании данных, перечисленных в четвертом столбце таблицы G.1.2, суммарную неопределенность на верхнем пределе нижнего диапазона измерения 33,5 мг/м^3 оценивают как 0,47 мг/м^3.

Таким образом, расширенную неопределенность $U\gamma_{NO}$) рассчитывают как 0,92 мг/м^3 (2,7 % диапазона).

G.2.3.2 NO_2

На основании данных, приведенных в пятом столбце таблицы G.1.2, суммарную неопределенность на верхнем пределе нижнего диапазона измерения 125 мг/м^3 оценивают как 3,69 мг/м^3.

Таким образом, расширенную неопределенность $U(\gamma_{NO_2})$ рассчитывают как 7,2 мг/м^3 (5,8 % диапазона).

Таблица G.3 — Результаты расчета неопределенности результатов эксплуатационных испытаний для измерения NO и/или NO_2 с использованием методов влажной экстракции (ИКПФ)

Эксплуатационные характеристики	Составляющая неопределенности	Значение стандартной неопределенности на верхнем пределе самого нижнего используемого диапазона измерения (мг/м^3)	
		ИКПФ	
Типичный самый низкий диапазон		NO 150 мг/м^3	NO_2 80 мг/м^3
Стандартное отклонение повторяемости в нулевой точке	$u_{r,0}$	0,1 % · 150 = 0,15	0,3 % · 80 = 0,24
Стандартное отклонение воспроизводимости в точке диапазона	$u_{r,s}$	0,1 % · 150 = 0,15	1,4 % · 80 = 1,1

Окончание таблицы G.3

Эксплуатационные характеристики	Составляющая неопределенности	Значение стандартной неопределенности на верхнем пределе самого нижнего используемого диапазона измерения (мг/м^3)	
		ИКПФ	
Несоответствие	u_{lof}	$\frac{0,27\ \% \cdot 150}{\sqrt{3}} = 0,23$	$\frac{0,10\ \% \cdot 80}{\sqrt{3}} = 0,05$
Дрейф нулевой точки на период автономной работы	$u_{d,0}$	$\frac{0,2\ \% \cdot 150}{\sqrt{3}} = 0,17$	$\frac{1,0\ \% \cdot 80}{\sqrt{3}} = 0,46$
Дрейф точки диапазона на период автономной работы	$u_{d,s}$	$\frac{1,3\ \% \cdot 150}{\sqrt{3}} = 1,1$	$\frac{1,3\ \% \cdot 80}{\sqrt{3}} = 0,60$
Чувствительность к температуре окружающей среды при изменении на 20 К в диапазоне температур, указанном производителем	$u_{inf,T}$	$\frac{-0,4\ \% \cdot 150}{\sqrt{3}} = 0,35$	$\frac{-1,5\ \% \cdot 80}{\sqrt{3}} = 0,69$
Чувствительность к давлению измеряемого газа при изменении давления на 3 кПа	$u_{inf,p}$		
Чувствительность к расходу анализируемого газа для экстрактивных АИС	$u_{inf,f}$	$\frac{-0,9\ \% \cdot 150}{\sqrt{3}} = 0,78$	$\frac{-1,4\ \% \cdot 80}{\sqrt{3}} = 0,65$
Чувствительность к электрическому напряжению в диапазоне напряжения, указанном производителем	$u_{inf,V}$	$\frac{0,5\ \% \cdot 150}{\sqrt{3}} = 0,43$	$\frac{0,3\ \% \cdot 80}{\sqrt{3}} = 0,14$
Перекрестная чувствительность	$u_{i,NO}$	$\frac{-1,67\ \% \cdot 150}{\sqrt{3}} = 1,4$	$\frac{2,10\ \% \cdot 80}{\sqrt{3}} = 0,97$
Перемещение измерительного луча в *in situ* АИС	u_{mb}		
Эффективность конвертера NO_2/NO для NO_x АИС	u_{ce}		

G.2.4 АИС типа ИКПФ

G.2.4.1 NO

На основании данных, перечисленных в третьем столбце таблицы G.1.3, суммарную неопределенность на верхнем пределе нижнего диапазона измерения 150 мг/м^3 оценивают как 2,05 мг/м^3.

Таким образом, расширенную неопределенность$U(\gamma_{NO})$ рассчитывают как 4,0 мг/м^3 (2,7 % диапазона).

G.2.4.2 NO_2

На основании данных, перечисленных в четвертом столбце таблицы G.1.3, суммарную неопределенность на верхнем пределе нижнего диапазона измерения 80 мг/м^3 оценивают как 1,93 мг/м^3.

Таким образом, расширенную неопределенность $U(\gamma_{NO_2})$ рассчитывают как 3,8 мг/м^3 (4,7 % диапазона).

Таблица G.4 — Результаты расчета неопределенности результатов эксплуатационных испытаний для измерения NO и/или NO_2 с использованием методов *in situ* ДОАС

Эксплуатационные характеристики	Составляющая неопределенности	Значение стандартной неопределенности на верхнем пределе самого нижнего используемого диапазона измерения (мг/м^3)	
		ДОАС перекрестные лучи	ДОАС точки монитора
Типичный самый низкий диапазон		NO 70 мг/м^3	NO 70 мг/м^3
Стандартное отклонение повторяемости в нулевой точке	$u_{r,0}$	0,09 % · 70 = 0,06	0,13 % · 70 = 0,09
Стандартное отклонение воспроизводимости в точке диапазона	$u_{r,s}$	0,32 % · 70 = 0,22	0,22 % · 70 = 0,15
Несоответствие	u_{lof}	$\frac{-0,9\ \% \cdot 70}{\sqrt{3}} = 0,36$	$\frac{-0,9\ \% \cdot 70}{\sqrt{3}} = 0,36$

Окончание таблицы G.4

Эксплуатационные характеристики	Составляющая неопределенности	Значение стандартной неопределенности на верхнем пределе самого нижнего используемого диапазона измерения (мг/м^3)	
		ДОАС перекрестные лучи	ДОАС точки монитора
Дрейф нулевой точки на период автономной работы	$u_{d,0}$	$\frac{0,9\ \% \cdot 70}{\sqrt{3}} = 0,36$	$\frac{0,4\ \% \cdot 70}{\sqrt{3}} = 0,16$
Дрейф точки диапазона на период автономной работы	$u_{d,s}$	$\frac{-2,3\ \% \cdot 70}{\sqrt{3}} = 0,93$	$\frac{1,6\ \% \cdot 70}{\sqrt{3}} = 0,64$
Чувствительность к расходу анализируемого газа для экстрактивных АИС	$u_{inf,f}$	$\frac{0,6\ \% \cdot 70}{\sqrt{3}} = 0.24$	$\frac{-0,6\ \% \cdot 70}{\sqrt{3}} = 0,24$
Чувствительность к температуре окружающей среды при изменении на 20 К в диапазоне температур, указанном производителем	$u_{inf,T}$	$\frac{-0,1\ \% \cdot 70}{\sqrt{3}} = 0,04$	$\frac{-0,1\ \% \cdot 70}{\sqrt{3}} = 0,04$
Чувствительность к давлению измеряемого газа при изменении давления на 3 кПа	$u_{inf,p}$		
Чувствительность к электрическому напряжению в диапазоне напряжения, указанном производителем	$u_{inf,V}$	$\frac{0,3\ \% \cdot 70}{\sqrt{3}} = 0,12$	$\frac{0,3\ \% \cdot 70}{\sqrt{3}} = 0,12$
Влияние вибрации	u_{vib}	$\frac{-0,9\ \% \cdot 70}{\sqrt{3}} = 0,36$	$\frac{0,3\ \% \cdot 70}{\sqrt{3}} = 0,12$
Перекрестная чувствительность	$u_{i,NO}$	$\frac{3,6\ \% \cdot 70}{\sqrt{3}} = 1,46$	$\frac{3,6\ \% \cdot 70}{\sqrt{3}} = 1,46$
Перемещение измерительного луча в *in situ* АИС	u_{mb}	$\frac{-0,62\ \% \cdot 70}{\sqrt{3}} = 0,40$	$\frac{-1,0\ \% \cdot 70}{\sqrt{3}} = 0,4$

G.2.5 АИС *in situ* типа ДОАС

G.2.5.1 Поперечный луч

На основании данных, перечисленных в четвертом столбце таблицы G.1.4, суммарную неопределенность на верхнем пределе нижнего диапазона измерения 70 мг/м^3 оценивают как 1,90 мг/м^3.

Таким образом, расширенную неопределенность $U(\gamma_{NO})$ рассчитывают как 3,7 мг/м^3 (5,3 % диапазона).

G.2.5.2 Точки диапазона

На основании данных, перечисленных в третьем столбце таблицы G.1.4, суммарную неопределенность на верхнем пределе нижнего диапазона измерения 70 мг/м^3 оценивают как 1,73 мг/м^3.

Таким образом, расширенную неопределенность $U(\gamma_{NO})$ рассчитывают как 3,4 мг/м^3 (4,8 % диапазона).

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального стандарта
ISO 9169	IDT	ГОСТ Р ИСО 9169—2006 «Качество воздуха. Определение характеристик методик выполнения измерений»
ISO 14956	IDT	ГОСТ Р ИСО 14956—2007 «Качество воздуха. Оценка применимости методики выполнения измерений на основе степени ее соответствия требованиям к неопределенности измерения»

Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандартов:

- IDT — идентичные стандарты.

Библиография

[1] ISO 12039:2019 Stationary source emissions — Determination of the mass concentration of carbon monoxide, carbon dioxide and oxygen in flue gas — Performance characteristics of automated measuring systems

[2] ISO/IEC Guide 98-3:2008 Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM: 1995)

[3] ISO 14385-1:2014 Stationary source emissions — Greenhouse gases — Part 1: Calibration of automated measuring systems

[4] ISO 10396 Stationary source emissions — Sampling for the automated determination of gas emission concentrations for permanently-installed monitoring systems

[5] ISO 14385-2:2014 Stationary source emissions — Greenhouse gases — Part 2: Ongoing quality control of automated measuring systems

[6] ISO 20988 Air quality — Guidelines for estimating measurement uncertainty

[7] ISO 7996:1985 Ambient air — Determination of the mass concentration of nitrogen oxides — Chemiluminescence method

[8] The references are TÜV: gost.e-ecolog.ru ex.htm MCERTS: gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru products/

УДК 504.3:006.354 ОКС 13.040.40

Ключевые слова: выбросы стационарных источников, дымовые газы, оксиды азота, конвертер, автоматическая измерительная система

Редактор *З.А. Лиманская*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Е.Д. Дульнева*
Компьютерная верстка *Е.О. Асташина*

Сдано в набор 31.08.2023. Подписано в печать 13.09.2023. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 4,65. Уч.-изд. л. 4,18.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru